

Universidad de **Cádiz**

Proyectos de fin de carrera de **Ingeniería Química**

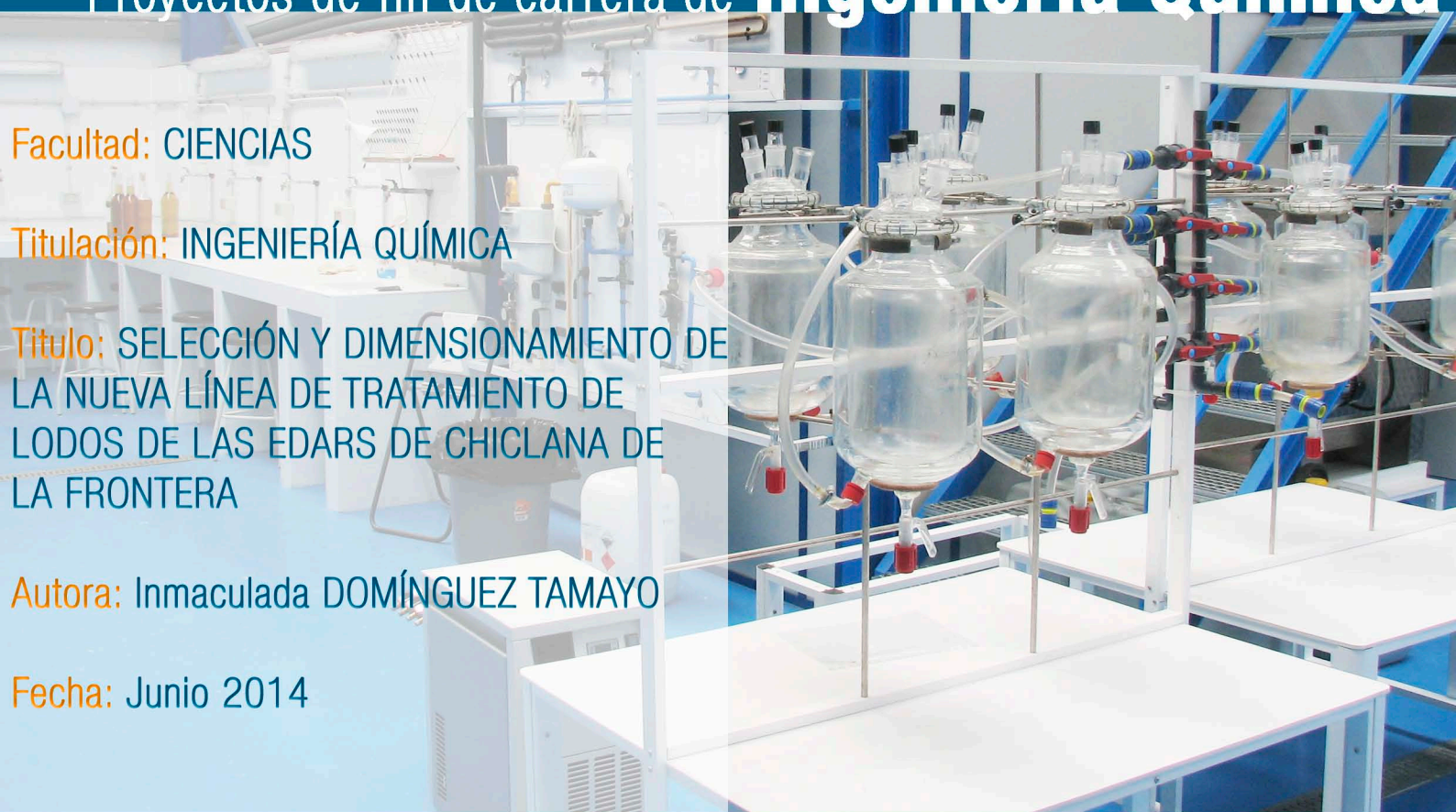
Facultad: CIENCIAS

Titulación: INGENIERÍA QUÍMICA

Título: SELECCIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DE
LA NUEVA LÍNEA DE TRATAMIENTO DE
LODOS DE LAS EDARS DE CHICLANA DE
LA FRONTERA

Autora: Inmaculada DOMÍNGUEZ TAMAYO

Fecha: Junio 2014





Toda comunidad genera residuos tanto sólidos como líquidos. La fracción líquida de los mismos -aguas residuales- es esencialmente el agua que se desprende la comunidad una vez ha sido contaminada durante los diferentes usos para los cuales ha sido empleada. Desde el punto de vista de las fuentes de generación, podemos definir el agua residual como la combinación de los residuos líquidos, o aguas portadoras de residuos, procedentes tanto de residencias como de instituciones públicas y establecimientos industriales y comerciales, a los que pueden agregarse, eventualmente, aguas subterráneas, superficiales y pluviales. (M&E).

El hombre ha utilizado las aguas no sólo para su consumo, sino, con el paso del tiempo para su actividad y confort, convirtiendo las aguas usadas en vehículo de desechos.

La contaminación de las aguas es uno de los factores importantes que rompe la armonía entre el hombre y su medio tanto a corto, como a medio y largo plazo; por lo que la prevención y lucha contra ella constituye en la actualidad una necesidad de importancia prioritaria. (*Manual de Depuración de Uralita*).

Indistintamente de su origen, las aguas residuales plantean una amenaza para el medio ambiente e implican una modificación de las características del medio receptor de las mismas, afectando a la flora y fauna; es por ello, por lo que es de vital importancia su depuración.

DOCUMENTOS DEL PROYECTO

DOCUMENTO 1: MEMORIA

MEMORIA DESCRIPTIVA

ANEXOS A LA MEMORIA

BIBLIOGRAFÍA

DOCUMENTO 2: PLIEGO DE CONDICIONES

DOCUMENTO 3: PRESUPUESTO

DOCUMENTO 4: PLANOS

DOCUMENTO 1:

MEMORIA

ÍNDICE

1. MEMORIA DESCRIPTIVA
2. ANEXOS A LA MEMORIA
3. BIBLIOGRAFÍA

MEMORIA DESCRIPTIVA

Índice

1. INTRODUCCIÓN.....	9
1.1. OBJETO.....	10
1.2. ALCANCE.....	11
1.3. ANTECEDENTES.....	12
1.4. NORMATIVA Y LEGISLACIÓN.....	16
1.4.1. NORMATIVA APLICABLE A LAS AGUAS.....	19
1.4.2. NORMATIVA APLICABLE A LOS LODOS.....	21
2. PROBLEMÁTICA DE LOS LODOS.....	23
3. PROCESO DE DIGESTIÓN ANAEROBIA.....	31
3.1. ALMACENAMIENTO Y USO DEL BIOGÁS GENERADO.....	45
4. CONDICIONANTES PARA LA EJECUCIÓN DE LA PLANTA.....	48
4.1. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	48
4.2. SITUACIÓN DE PARTIDA.....	51
4.2.1. ANÁLISIS DE DATOS DE LODOS.....	53
5. CRITERIOS DE SELECCIÓN Y EXPOSICIÓN DE LAS ALTERNATIVAS TÉCNICAS.....	54
5.1. TIPOS DE PROCESOS EN LA DIGESTIÓN ANAEROBIA.....	56
5.1.1. Procesos sin enriquecimiento de biomasa.....	56
5.1.2. Procesos con enriquecimiento de biomasa.....	61
6. VIABILIDAD DEL PROYECTO.....	63
6.1. VIABILIDAD ECONÓMICA.....	63
6.2. VIABILIDAD LEGAL.....	64
6.3. VIABILIDAD TECNOLÓGICA.....	67
7. PROCESO DE DEPURACIÓN (TRATAMIENTO Y VERTIDO DEL FANGO).....	68
8. EQUIPOS PRINCIPALES EN LA LÍNEA DE TRATAMIENTO DE FANGOS.....	101
8.1. ESPESADOR POR GRAVEDAD E.D.A.R “EL TORNO”.....	102
8.2. ESPESADOR POR GRAVEDAD E.D.A.R “LA BARROSA”.....	103
8.3. ESPESADOR POR FLOTACIÓN E.D.A.R “EL TORNO”.....	104
8.4. DIGESTORES ANAEROBIOS E.D.A.R “ EL TORNO”.....	105
8.5. DESHIDRATACIÓN DE FANGOS.....	106
9. MATERIAS PRIMAS.....	107
9.1. AGUA RESIDUAL.....	107
9.2. REACTIVOS.....	108
10. PRODUCTOS GENERADOS.....	109
10.1. FANGO PROCEDENTE DE LOS DIGESTORES.....	109
10.2. BIOGÁS GENERADO EN LA DIGESTIÓN.....	110
11. MANTENIMIENTO.....	111
12. SEGURIDAD E HIGIENE.....	113
13. EVALUACIÓN AMBIENTAL.....	128
13.1. FLORA Y FAUNA.....	128
13.2. VALORACIÓN DE IMPACTOS.....	129

Índice de ilustraciones

Ilustración I: Composición de los lodos de depuradoras.....	23
Ilustración II: Comparación de la composición de enmiendas orgánicas.....	24
Ilustración III: Producción de biosólidos en Europa.....	26
Ilustración IV: Producción de biosólidos en España.....	27
Ilustración V: Alternativas de eliminación de lodos.....	27
Ilustración VI: Destino de los lodos de las depuradoras.....	28
Ilustración VII: Efecto de la temperatura en la digestión anaerobia.....	32
Ilustración VIII: Relación Acetato-Ácido Acético.....	33
Ilustración IX: Balance comparativo de los procesos aerobios y anaerobios.....	37
Ilustración X: Esquema del proceso de biometanización.....	39
Ilustración XI: Esquema de las reacciones de biometanización.	40
Ilustración XII: Componentes del biogás en función del sustrato utilizado.....	42
Ilustración XIII: Producción potencial de biogás a partir de residuos.....	43
Ilustración XIV: Diferentes usos del biogás.....	46
Ilustración XV: Necesidad del tratamiento del biogás en función del uso.....	46
Ilustración XVI: Digestión en etapa única con mezcla completa.....	56
Ilustración XVII: Parámetros de diseño de la digestión en etapa única.....	57
Ilustración XVIII: Digestión en etapa única sin mezcla.....	57
Ilustración XIX: Parámetros de diseño para un digestor en etapa única sin mezcla.....	58
Ilustración XX: Digestión en doble etapa.....	58
Ilustración XXI: Parámetros de diseño para un digestor en doble etapa.....	59
Ilustración XXII: Digestión en dos fases.....	59
Ilustración XXIII: Parámetros de diseño para un digestor en dos fases.....	60
Ilustración XXIV: Digestor con enriquecimiento de biomasa.....	61
Ilustración XXV: Parámetros diseño para un digestor con enriquecimiento biomasa..	62
Ilustración XXVI: Generación y tratamiento de lodos.....	68
Ilustración XXVII: Diagrama de flujo nueva línea.....	69
Ilustración XXVIII: Diagrama de flujo EDAR "La Barrosa".....	70
Ilustración XXIX: Diagrama de flujo. EDAR "El Torno".....	71
Ilustración XXX: Tratamientos en la línea de lodos.....	72
Ilustración XXXI: Espesador por gravedad.....	79
Ilustración XXXII: Espesador por flotación.....	86
Ilustración XXXIII: Formas de agua en el fango.....	91

1. INTRODUCCIÓN

El conocimiento de los caudales y características de las aguas residuales generadas en las ciudades es básico para el correcto diseño de los sistemas de recogida, tratamiento y evacuación de las mismas. Las EDARs deben diseñarse para poder hacer frente a las variaciones de caudal y carga que experimentan estas aguas.

Es importante destacar que los requerimientos de espacio para las instalaciones de depuración están íntimamente relacionados con las tecnologías usadas. También es cierto que para un mismo caudal de tratamiento, el uso de un menor espacio implica mayores gastos de explotación y mantenimiento. En el caso concreto de la EDAR “El Torno”, los terrenos sobre los que se pretenden realizar las ampliaciones son de titularidad municipal.

Actualmente en el municipio de Chiclana de la Frontera desde el punto de vista urbanístico más simplificado existen dos zonas, aquellas que se encuentran en el ámbito de la legalidad y aquellas enmarcadas en asentamientos no ordenados y que se pretenden que sean regularizados en los próximos años. Este último problema de construcciones en suelo no urbano del municipio alcanza niveles importantes.

Para el cálculo de las diferentes opciones se va dividir el municipio en cuatro grandes cuencas. De esta forma las cuatro grandes cuencas son:

- Pinar de los Franceses-Marquesado
- Río Iro
- Rana Verde
- Carrajolilla

En el caso de las estaciones de depuración de agua residual de Chiclana de la Frontera, hay que partir de la base de que existen de una serie de infraestructuras que hay que aprovechar, marcando este hecho la situación actual y de partida del presente proyecto.

Una vez analizados los impactos medioambientales y socio-económicos, así como, los requerimientos de espacio, los costes de inversión necesarios y las necesidades de bombeo para diferentes alternativas se estima como opción más adecuada la opción depuración conjunta de los fangos procedentes de “La Barrosa” que excedan la capacidad inicial y de los fangos de la estación de depuración de aguas residuales de “El Torno”. Esta opción es la más versátil, operativa y económica desde el punto de vista de las variaciones de caudal y por tanto, de generación de fangos que se producen en época estival.

1.1. OBJETO

El objeto del presente proyecto consiste en seleccionar e implantar los diferentes equipos que constituirán la línea de tratamiento de fangos en la Estación de Depuración de Aguas Residuales “El Torno” del municipio de Chiclana de la Frontera (Cádiz), a partir de las aguas residuales que recibe la propia planta.

Se evaluarán diferentes disposiciones y alternativas, eligiéndose las idóneas atendiendo a factores como la seguridad, mantenimiento, operación, impacto ambiental, etc, así como la tecnología actual existente. Una vez seleccionados los equipos, se procederá al dimensionamiento de las unidades implicadas en el proceso.

La consecución de este objetivo, será la obtención de un mayor aprovechamiento energético de las EDARs, con la obtención de un fango (mejor que el actual) para su posterior aprovechamiento en cultivos energéticos. Pudiendo obtener en futuros proyectos electricidad y calor, para el autoabastecimiento de la misma.

1.2 ALCANCE

El ámbito de aplicación del presente proyecto concierne a la Estación de Depuración de Aguas Residuales “El Torno” situada en el Parque Periurbano Las Albinas en polígono industrial “El Torno”, del municipio de Chiclana de la Frontera. Actualmente, recibe las aguas del casco urbano a través de la estación de bombeo Virgen del Carmen. En ella, se produce una recepción, tratamiento de las aguas residuales del casco urbano, y posteriormente, se produce el vertido del agua ya tratada al Río Iro conforme a la normativa vigente.

También concierne a la Estación de Depuración de Aguas Residuales “La Barrosa” localizada en el mismo municipio en la Urbanización Doña Violeta s/n, en la zona del litoral, en ella se produce una recepción, tratamiento de las aguas residuales de la zona, y posteriormente, se produce el vertido del agua ya tratada al arroyo Carrajolilla.

1.3 ANTECEDENTES

El núcleo urbano de Chiclana de la Frontera se encuentra en la provincia de Cádiz, con unas coordenadas geográficas 36°25'6"09'O. A 20 kilómetros de la capital de provincia, Cádiz, al norte de la ciudad hace frontera con los municipios de San Fernando y Puerto Real; por la costa hacia al sur con Conil de la Frontera y por tierra limita con Medina Sidonia y una pequeña parte de Vejer de la Frontera.

La ciudad de Chiclana cuenta con dos estaciones depuradoras, una de ellas en el casco urbano (El Torno), en el Parque periurbano Las Albinas s/n, construida por el Ayuntamiento de Chiclana de la Frontera en colaboración con la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, fue pionera en la depuración de aguas residuales en la provincia de Cádiz. Comenzó a funcionar en 1986 y desde su entrada en servicio ha experimentado continuas mejoras en las instalaciones. (*Diagnóstico Ambiental Chiclana de la Frontera, 2004*).

La otra estación de depuración es "La Barrosa" se encuentra en la urbanización Doña Violeta s/n en la zona de la costa, puesta depuradora fue puesta en marcha en 1.991.

Estos dos centros de depuración tienen una capacidad de tratamiento diario de más de 25.000 m³ de caudal, y la gestión y el mantenimiento de ambas estaciones depuradoras están subcontratados con la empresa Aqualia.

Las parcelas donde se encuentran las depuradoras cuentan con algunas ventajas e inconvenientes, como es el que se encuentran en suelo municipal, evitando así posible expropiaciones de las mismas.

La EDAR de "El Torno", se sitúa relativamente lejos del núcleo urbano, con el inconveniente de que en el mes de Junio (fiesta de San Antonio), se sitúan varias casetas alrededor de la misma, mientras que la EDAR de "La Barrosa", se encuentra dentro de una urbanización, donde se producen los inconvenientes del transporte de fango, olores de los tratamientos, etc.

Ambas instalaciones disponen en la actualidad de sistemas terciarios de depuración, y el tratamiento de las aguas residuales en las mismas permite garantizar que su vertido posterior o reutilización para el riego, cumple con las exigencias legales vigentes.

La empresa que gestiona ambas depuradoras es Chiclana Natural S.A. (a partir de ahora Chiclana Natural), empresa pública perteneciente íntegramente al Excmo. Ayuntamiento de Chiclana de la Frontera, comenzó su andadura en 1987, año de su constitución, con el nombre de Aguas de Chiclana, lo que llevó aparejada la reconversión en sociedad mercantil anónima del antiguo Servicio Municipalizado de Aguas.

En su primera etapa de funcionamiento, su objetivo fue la gestión del abastecimiento de agua a la población. Más tarde se le fue incorporando el alcantarillado y la depuración de aguas residuales. En el año 2001 asumió la gestión de

los residuos urbanos, la limpieza viaria y de zonas verdes, así como práctica totalidad de las competencias medioambientales de la Delegación de Medio Ambiente del Excmo. Ayuntamiento, cambiando su denominación de Aguas de Chiclana por la de Chiclana Natural, más acorde con la ampliación de su objeto social. (<http://www.chiclananatural.com>).

Chiclana Natural es la responsable de la distribución del agua que recibe en alta desde el Consorcio de la Zona Gaditana (responsable de la calidad y potabilidad de las aguas hasta los depósitos de almacenamiento) a los distintos domicilios que cuentan con suministro contratado en la ciudad.

El control de la calidad del agua es una de las prácticas indispensables en la gestión del ciclo integral del agua urbano y supone una de las máximas en el trabajo diario de ésta empresa.

El objetivo fundamental que se persigue desde esta área es, garantizar la máxima calidad en el agua suministrada para el consumo humano, para ello se realizan más de 1.000 determinaciones o controles al año.

De igual forma se ha procedido al establecimiento de mecanismos de vigilancia y telecontrol de la calidad del agua que cubre todo el ciclo integral, desde la recepción del líquido elemento para abastecimiento hasta su devolución al medio o su reutilización una vez usada y depurada.

Por ello según la legislación en vigor, se fijan unos puntos de toma de muestra para su posterior análisis (organoléptico y de autocontrol), y cuyos resultados son enviados periódicamente al Servicio Andaluz de Salud.

Depuración

El sistema de saneamiento mantiene una tendencia hacia redes separativas, existiendo en la mayoría de los sectores urbanos una doble red (fecal y pluvial). No obstante, existen también zonas del municipio con red unitaria, como sucede actualmente con las zonas centrales de la población, debido a la propia configuración original de la trama urbana.

La tendencia que mantienen los sectores urbanos del ensanche de la zona central, así como los nuevos desarrollos urbanísticos es de transformarse progresivamente en redes separativas. De esta forma, las aguas fecales son conducidas hasta la E.D.A.R de Chiclana y La Barrosa, mientras que las aguas pluviales se vierten directamente hacia los cauces públicos y hacia la costa litoral, de acuerdo con el sistema de cuencas vertientes y la red hidrográfica de Chiclana.

Chiclana Natural es la responsable de la distribución del agua que recibe en alta desde el Consorcio de la Zona Gaditana a los distintos domicilios que cuentan con suministro contratado en la ciudad.

Para ello es necesario contar con tres depósitos que tienen una capacidad de 32.000 m³ y con una red de tuberías que superan los 760 kilómetros de longitud. (<http://www.chiclananatural.com>).

Saneamiento-Fecales-Pluviales

Las aguas fecales son encauzadas por la red de colectores dispuesta al efecto hasta ser llevadas a las dos estaciones depuradoras del municipio.

La red de alcantarillado alcanza en la actualidad los 270 kilómetros de longitud que están repartidos entre el casco urbano de la ciudad y la zona costera de La Barrosa. Además, para impulsar las aguas sucias por el entramado de canalizaciones es necesario poner en funcionamiento 17 estaciones elevadoras.

En lo referente a la red de pluviales, cuyo mantenimiento y ampliación corresponde también a Chiclana Natural, la misma comienza a construirse con la intención de separar el sistema de fecales inicialmente proyectado, y en el que se canalizaban aguas sucias y de lluvia.

Las tuberías de pluviales tienen una longitud que supera los 137 kilómetros y se está incrementando en los últimos años de manera considerable. En el centro de la ciudad resultan clave estas instalaciones para evitar posibles inundaciones.

Estas son las diferentes estaciones de bombeo y elevadoras, así como los grupos de presión con los que cuenta el municipio de Chiclana de la Frontera.

Estaciones de bombeo de fecales:

1. Badenes
2. Avenida del Mueble
3. Barrosamar
4. Carrajolilla
5. Complejo Atlántico
6. Costa Sancti Petri
7. Coto San José
8. Cuba
9. El Pilar
10. La Loma
11. La Rosa
12. Las Quintas
13. Los Gallos
14. San Andrés Golf-Los Faroles
15. SAG La Curva
16. SAG Depuradora
17. SAG El Olivar
18. Avenida del Velódromo
19. Virgen del Carmen

Estaciones elevadoras de pluviales:

1. Calle Iro.
2. Calle Paciano del Barco.

Grupos de presión de abastecimiento:

1. La Loma
2. Naverito
3. Novo Sancti Petri
4. Polideportivo Santa Ana

Depósito:

1. Espartosa.

Actualmente, en la E.D.A.R “El Torno” se lleva a cabo el proceso de tratamiento en la línea de fangos por digestión aerobia, estos fangos procedentes de la digestión y tratamiento son gestionados por una empresa externa (www.chiclananatural.com).

1.4 NORMATIVA Y LEGISLACIÓN

La política ambiental europea tiene entre sus principios fundamentales, la conservación, protección y mejora de la calidad del agua así como la utilización prudente y racional de los recursos naturales (*Art. 130R del Tratado de la Unión Europea*).

Para la consecución de dichos objetivos se han seguido diferentes estrategias a lo largo del tiempo, desde la protección de los recursos hídricos en función de los usos del agua, al control de vertidos mediante normas de emisión para llegar a una estrategia ambiental, basada en la protección de las masas de agua consideradas como ecosistemas acuáticos, con un enfoque por tanto más ambiental que promueve e impulsa un uso más sostenible del agua.

La Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas, y la Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas, establecen diferentes medidas para conseguir una mejor calidad de las aguas continentales y marítimas respectivamente, entre las que cabe destacar el sometimiento a autorización previa de las actividades susceptibles de provocar la contaminación del dominio público hidráulico o del dominio público marítimo-terrestre y, en especial, los vertidos.

Ahora bien, una adecuada protección de la calidad de las aguas exigiría completar las medidas establecidas en las leyes citadas, con otras que sometan los vertidos de las aguas residuales urbanas, previamente a su evacuación, a una serie de tratamientos en instalaciones adecuadas, para limitar los efectos contaminantes de dichas aguas residuales, con el fin último de garantizar la protección del medio ambiente.

Con este objetivo, la Unión Europea aprobó la Directiva 91/271/CEE, del Consejo, de 21 de mayo, sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas, en la cual se establece que los Estados miembros adoptarán las medidas necesarias para garantizar que dichas aguas son tratadas correctamente antes de su vertido.

Para ello, la norma comunitaria impone la obligación de someter dichas aguas residuales a tratamientos, más o menos rigurosos, en diferentes plazos. Los criterios que utiliza la Directiva para fijar estas obligaciones son el número de «habitantes-equivalentes», concepto definido en función de la carga contaminante tanto de personas, como de animales e industrias y las «aglomeraciones urbanas», que son las zonas que presentan una concentración suficiente para la recogida y conducción de las aguas residuales; asimismo, también se toma en consideración la mayor o menor sensibilidad de la zona en la que van a realizarse los vertidos.

Con carácter general, la Directiva establece dos obligaciones claramente diferenciadas: En primer lugar, las «aglomeraciones urbanas» deberán disponer, según los casos, de sistemas colectores para la recogida y conducción de las aguas residuales y, en segundo lugar, se prevén distintos tratamientos a los que deberán someterse dichas aguas antes de su vertido a las aguas continentales o marítimas.

En la determinación de los tratamientos a que deberán ser sometidas las aguas residuales urbanas antes de su vertido, se tiene en cuenta si dichos vertidos se efectúan en «zonas sensibles» o «zonas menos sensibles», lo cual determinará un tratamiento más o menos riguroso.

Esta modificación de los criterios establecidos en la Ley 7/1985, junto con las circunstancias de extraordinaria y urgente necesidad que al respecto exige el artículo 86 de la Constitución española, imponen que la transposición de esta normativa comunitaria se efectúe mediante Real Decreto-ley.

En el procedimiento de elaboración de la presente disposición han sido consultadas las Comunidades Autónomas y la Comisión Nacional de Administración Local.

En su virtud, en uso de la autorización contenida en el artículo 86 de la Constitución, a propuesta del Ministro de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, de acuerdo con el Consejo de Estado y previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día 28 de diciembre de 1995 (*Real Decreto-ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas*).

Para alcanzar los objetivos nombrados anteriormente es condición necesaria aunque no suficiente tomar las medidas derivadas del cumplimiento de la Directiva 91/271/CEE sobre tratamiento de aguas residuales urbanas, esto, dio lugar a la elaboración y desarrollo del Plan Nacional de Saneamiento y Depuración (1995–2005).

En el año 1995, la entonces Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Vivienda del Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente, puso en marcha el Plan Nacional de Saneamiento y Depuración, con el horizonte puesto en el año 2005, fecha clave señalada por la Directiva 91/271/CEE para alcanzar la conformidad de los sistemas de depuración de las aglomeraciones urbanas mayores de 2.000 habitantes equivalentes. La ejecución de este Plan, que contó con el acuerdo de colaboración y cooperación de todas las Comunidades y Ciudades Autónomas. En este proceso el esfuerzo financiero del Ministerio de Medio Ambiente ha sido ampliamente superior a su compromiso inicial de financiar el 25% de todas las actuaciones previstas, si bien es indudable que las Comunidades y Ciudades Autónomas han realizado tanto un esfuerzo inversor en un gran número de actuaciones, como regulador, para dotarse de herramientas de planificación y de los adecuados instrumentos financieros, que les permitiera sufragar no sólo las inversiones en obras, sino también, la gestión, explotación y mantenimiento de las instalaciones de saneamiento y depuración.

En estos diez años, se ha producido cambio relevante, derivado de la aprobación y transposición de la Directiva Marco del Agua (2000), que aporta un nuevo enfoque integrado de la política del agua. E, igualmente importante ha sido la evolución de la conciencia ambiental de la ciudadanía, que aspira a disfrutar de unos ríos y mares limpios, no sólo fuente de riqueza natural y de biodiversidad, sino también de riqueza socio-económica. (*Plan Nacional de Calidad de las Aguas 2007-2015*).

El primer objetivo fundamental del PNCA debe ser terminar de cumplir las exigencias de la Directiva 91/271/CEE, transpuesta al ordenamiento jurídico interno a través del Real Decreto Ley 11/1995 y del Real Decreto 509/1996, que vinculan directamente a todas las administraciones competentes en materia de saneamiento y depuración. Aunque ha vencido el plazo temporal del 31 de diciembre de 2005 marcado por la Directiva, esta legislación comunitaria sigue en pleno vigor y coexiste con la Directiva Marco del Agua, hasta tal punto que la Comisión Europea la considera un pilar fundamental para conseguir los objetivos ambientales al año 2015.

Con la entrada de los nuevos países en la Unión Europea, esta Directiva ha cogido fuerza ya que deben recorrer todo el camino andado por las demás naciones comunitarias, entre ellas España y situarse en niveles de depuración similares en cortos plazos.

Desde la aprobación de la Directiva Marco Europea (DMA) sobre política del agua, en el año 2000, España –igual que el resto de los países miembros de la UE– estaba obligada a incorporar un nuevo enfoque en esta materia, acorde con la prioridad otorgada en la DMA a la gestión del agua y a la consecución de objetivos ambientales.

El enfoque ambientalmente sostenible en la gestión de las aguas es el objetivo principal de la Directiva Marco del Agua, promoviendo un uso del recurso que no hipoteque su calidad y cantidad futuras. Es por tanto prioritario el saneamiento y la depuración de las aguas tras su uso para garantizar una buena calidad fisicoquímica de las masas de agua. Por ello, todos los esfuerzos contenidos en el PNCA tienen que ir dirigidos, en mayor o menor medida, a contribuir a cumplir los objetivos ambientales de la Directiva Marco del Agua en el año 2015.

Este Plan, por lo tanto, se define como un eje estratégico para el cumplimiento de la Directiva 91/271/CEE y de los objetivos ambientales de la Directiva Marco del Agua. (*Plan Nacional de Calidad de las Aguas 2007-2015*).

1.4.1. NORMATIVA APLICABLE A LAS AGUAS

Por lo tanto, la legislación vigente de aplicación al presente proyecto sobre el tratamiento de aguas residuales como se ha mencionado anteriormente, son:

A nivel comunitario:

- Directiva 91/271/CEE de 21 de mayo de 1991 sobre el tratamiento de las Aguas Residuales urbanas. (trasposición).

A nivel estatal:

- Real Decreto-Ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas, (BOE nº 312, 30-12-95).
- Real Decreto 509/1996 de 15 de marzo, que desarrolla el Real Decreto Ley 11/1995 por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas, (BOE nº 77, 29-3-96).
- Ley 7/2007, de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental, establece en sus apartados b) y f) que corresponde a la Consejería de Medio Ambiente la función de establecer, aprobar y ejecutar, los programas de seguimiento del estado de las aguas continentales y litorales de competencia de la comunidad autónoma, así como el otorgamiento de las autorizaciones de vertidos y el control y seguimiento de las condiciones establecidas en ella.

El párrafo anterior resulta de aplicación a los vertidos que se realicen directa o indirectamente a las aguas continentales o litorales siguientes:

- Vertidos incluidos en la Autorización Ambiental Integrada (AAI), ya sean al litoral, aguas continentales o red de colectores municipal.
- Vertidos incluidos en la Autorización Ambiental Unificada (AAU), ya sean al litoral o a aguas continentales.
- Resto de vertidos al litoral.

Los titulares de vertidos deberán llevar a cabo programas de seguimiento y control de sus vertidos, en las condiciones establecidas en su correspondiente autorización, notificando a la Consejería de Medio Ambiente las condiciones en las que vierte, mediante la presentación de los autocontroles realizados con la periodicidad establecida y la Declaración Anual de Vertido.

Otras directivas que complementan a la anterior Directiva 91/271/CEE son las siguientes:

- Directiva 93/481/CEE: Decisión de la Comisión de 28 de julio de 1993 relativa a

los modelos de presentación de los programas nacionales previstos en el artículo 17 de la Directiva 91/271/CEE del Consejo.

- Directiva 96/61 del Consejo sobre prevención y control integrado de la contaminación.
- Directiva 98/15/CE de la Comisión de 27 de febrero de 1998 por la que se modifica la Directiva 91/271/CEE, de 21 de mayo, del Consejo en relación con determinados requisitos establecidos en su anexo I, sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas. (DOCE nº L 67, de 07.03.98).

1.4.2. NORMATIVA APLICABLE A LOS LODOS

En cuanto a normativa de lodos cabe destacar a nivel Europeo:

Referente a la aplicación de lodos en la agricultura:

- Directiva 86/278/CEE del Consejo, de 12 de junio de 1986, relativa a la protección del medio ambiente y, en particular, de los suelos, en la utilización de los lodos de depuradora en agricultura.
- 4º Borrador de la Directiva 86/278/CEE sobre aplicación agrícola de lodos.
- Directiva 91/676/CEE, de 12 de diciembre, relativa a la protección de las aguas contra contaminación producida por nitratos de origen agrícola.
- Reglamento (CE) nº 2003/2003 del Parlamento Europeo y del Consejo de 13 de octubre de 2003 relativo a los abonos.

En cuanto a la gestión de residuos:

- Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de noviembre de 2008.
- Directiva 1999/31/CE del Consejo, de 26 de abril 1999, relativa al vertido de residuos.
- DECISIÓN DEL CONSEJO de 19 de diciembre de 2002 por la que se establecen los criterios y procedimientos de admisión de residuos en los vertederos.
- Directiva 2000/76/EC del Parlamento Europeo y el Consejo del 4 de diciembre 2000, de la incineración de residuos.

Del análisis de la Directiva 86/278/CEE, podemos destacar que ésta no contempla aspectos agronómicos, que regula únicamente el contenido en metales pesados y las aportaciones al suelo, así como, no contempla otros usos del terreno.

El 4º borrador contempla otros aspectos como la diferencia entre el tratamiento convencional y avanzado de los lodos:

- Diferencia entre dos tipos de uso del suelo (agrícola y no agrícola).
- Reducción de las concentraciones máximas de metales pesados en el lodo y en los suelos, introducción de valores límite para compuestos persistentes tóxicos y bioacumulables orgánicos y ciertos surfactantes.
- Se limita el contenido de microorganismos patógenos (*Escherichia Coli*, *Salmonella* spp y *Clostridium perfringens*).
- Define los métodos de muestreo y análisis de los suelos y los lodos, así como la

frecuencia de los mismos.

En cuanto a nivel estatal cabe destacar:

Referente a la aplicación de lodos en la agricultura:

- Real Decreto 1310/1990, de 29 de octubre, por el que se regula la utilización de los lodos de depuradora en el sector agrario.
- Orden de 26 de octubre de 1993, sobre utilización de lodos de depuración en el sector agrario.
- Proyecto de Orden sobre utilización de lodos de depuración en el sector agrario.
- II Plan Nacional de Lodos de depuradora de Aguas Residuales (2007-2015).
- Real Decreto 261/1996, de 16 de febrero, sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias.

En cuanto a la gestión de residuos:

- Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.
- Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.
- Real Decreto 653/2003, de 30 de mayo, sobre incineración de residuos.

Del análisis de la Orden de 26 de octubre de 1993, podemos destacar que ésta era una normativa muy ambigua, en muchos aspectos insuficientes y que derivó en que las propias Comunidades Autónomas regularan esto de forma independiente.

En el nuevo proyecto se intenta mejorar la información en cuanto a:

- Tratamiento, producción y trazabilidad de los lodos.
- Acota un poco más el concepto de lodo tratado.
- Se incluyen parámetros microbiológicos.
- Se crea la figura de "operador de lodos".
- Obligatoriedad de declarar la gestión en la Comunidad Autónoma de destino donde se aplican los lodos.

2. PROBLEMÁTICA DE LOS LODOS

Los lodos son residuos semisólidos, separados del agua residual mediante diferentes procesos de tratamiento, siendo consecuencia directa del tratamiento de las aguas residuales tratadas en las EDAR.

Se generan como resultado de las distintas etapas de depuración de las aguas residuales. Según los datos del Registro Nacional de Lodos, en España se producen anualmente alrededor de 1.200.000 toneladas (en materia seca, m.s.) de estos lodos de depuradora.

Los lodos se caracterizan por ser un residuo extremadamente líquido (más de un 95% de agua). Su composición es variable y depende de la carga de contaminación del agua residual inicial y de las características técnicas de los tratamientos llevados a cabo en las aguas residuales.

Los tratamientos del agua concentran la contaminación presente en el agua, y por tanto, los lodos contienen amplia diversidad de materias suspendidas o disueltas. Algunas de ellas con valor agronómico (materia orgánica, nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) y en menor cantidad calcio (Ca), magnesio (Mg) y otros micronutrientes esenciales para las plantas), teniendo otras un potencial contaminante como son los metales pesados, entre ellos cadmio (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu), mercurio (Hg), níquel (Ni), plomo (Pb) y zinc (Zn), los patógenos, y los contaminantes orgánicos.

Su composición principal es:

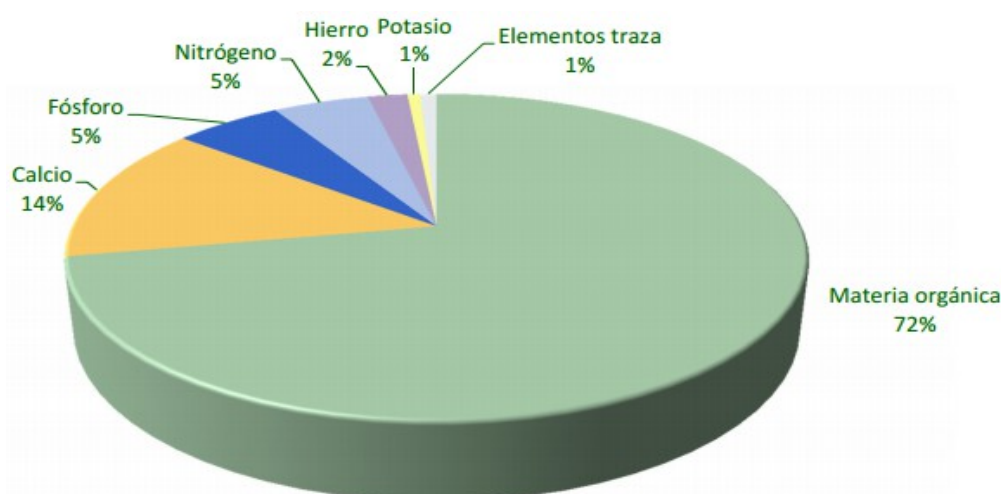


Ilustración I: Composición de los lodos de depuradoras
Fuente. *Depuración de Aguas del Mediterráneo.*

Las características de estos lodos no difieren mucho en cuanto a composición del resto de enmiendas orgánicas utilizadas en agricultura, como podemos ver en la ilustración I, se muestran las diferentes composiciones en nitrógeno, fósforo y potasio de algunas enmiendas orgánicas.



Ilustración II: Comparación de la composición de enmiendas orgánicas

Fuente. Depuración de Aguas del Mediterráneo.

La valorización agrícola de los lodos de depuradora, permite que un residuo se transforme en un recurso.

Los lodos de depuradora se pueden clasificar según su origen en cuatro categorías según su origen, peligrosidad, proceso generador y grado de humedad.

CLASIFICACIÓN	TIPOS	CARACTERÍSTICAS
ORIGEN	LODOS URBANOS	Se incluye la variante de fosa séptica
	LODOS INDUSTRIALES	
PELIGROSIDAD	LODOS NO PELIGROSOS	
	LODOS PELIGROSOS	Possen elevada concentraciones de sustancias peligrosas.
PROCESO GENERADOR	LODOS PRIMARIOS	Generados en el desbaste y en el sedimentador primario. Son inevitables en el proceso de depuración.
	LODOS SECUNDARIOS	Generados en el sedimentador secundario. Se espera en un futuro que esta cantidad sea cada vez menor, ya sea por la aplicación de tratamientos avanzados que mantienen los microorganismos a una tasa metabólica menor, que redunde en una menor generación de lodos en exceso, o por la aplicación de posttratamientos, como la oxidación del lodo por ozono.
GRADO DE HUMEDAD	LODOS PASTOSOS	Poseen un porcentaje de materia seca del 30-50%. Permite su vertido al terreno.
	LODOS SECOS	Poseen un porcentaje de materia seca del 50-90%. Lodos estabilizados y sin olor.
	LODOS TOTALMENTE SECOS	Poseen un porcentaje de materia seca mayor al 90%. Lodo estabiilizado y sanitariamente seguro. Permite almacenamiento de larga duración.

Tabla 1. Fuente. X. Elías, 2005.

Los lodos generados, son una problemática no sólo a nivel estatal, en la siguiente ilustración, se puede observar la generación de biosólidos en Europa, encontrándose España en el quinto puesto.

PAIS	Producción Biosólidos TMS / año
Austria	266.100
Bélgica	102.566
Dinamarca	140.021
Finlandia	147.000
Francia	910.255
Alemania	2.059.351
Grecia	125.977
Irlanda	42.147
Italia	1.070.080
Luxemburgo	7.750
Países Bajos	550.000
España	759.915
Suecia	210.000
Reino Unido	1.544.919
Bulgaria	29.987
República Checa	220.700
Hungría	128.380
Polonia	523.674
Rumania	137.145
Eslovenia	19.434
Eslovaquia	54.780
TOTAL TMS/ año	9.050.181

Ilustración III: Producción de biosólidos en Europa.

Fuente. WRC and RPA for the European Comision 2010.

La producción total de biosólidos en Europa en fue de 9.050.181 TnMS/año, y de 36.200.724 TnMH/año.

Estos mismos datos a nivel estatal fueron de 759.915 TnMS/año, y de 3.039.660 TnMH/año.

En cuanto a comunidades autónomas, el la siguiente figura podemos observar que Andalucía se encuentra en el segundo puesto, después de Cataluña.

CCAA	Producción Biosólidos TMS / año
Andalucía	113.713
Aragón	28.527
Asturias (Principado de)	9.997
Balears (Illes)	20.333
Canarias	16.910
Cantabria	21.021
Castilla y León	22.045
Castilla-La Mancha	56.000
Cataluña	136.738
Comunitat Valenciana	99.839
Extremadura	36.000
Galicia	18.195
Madrid (Comunidad de)	105.250
Murcia (Región de)	25.450
Navarra (Comunidad Foral de)	7.300
País Vasco	37.347
Rioja (La)	5.250
TOTAL TMS/ año	759.915

Ilustración IV: Producción de biosólidos en España

Fuente. Asociación Española de Abastecimiento de Agua y Saneamiento (AEAS) 2010.

Debido esta problemática, surgen diferentes alternativas para su eliminación, en el siguiente esquema se ven reflejadas:

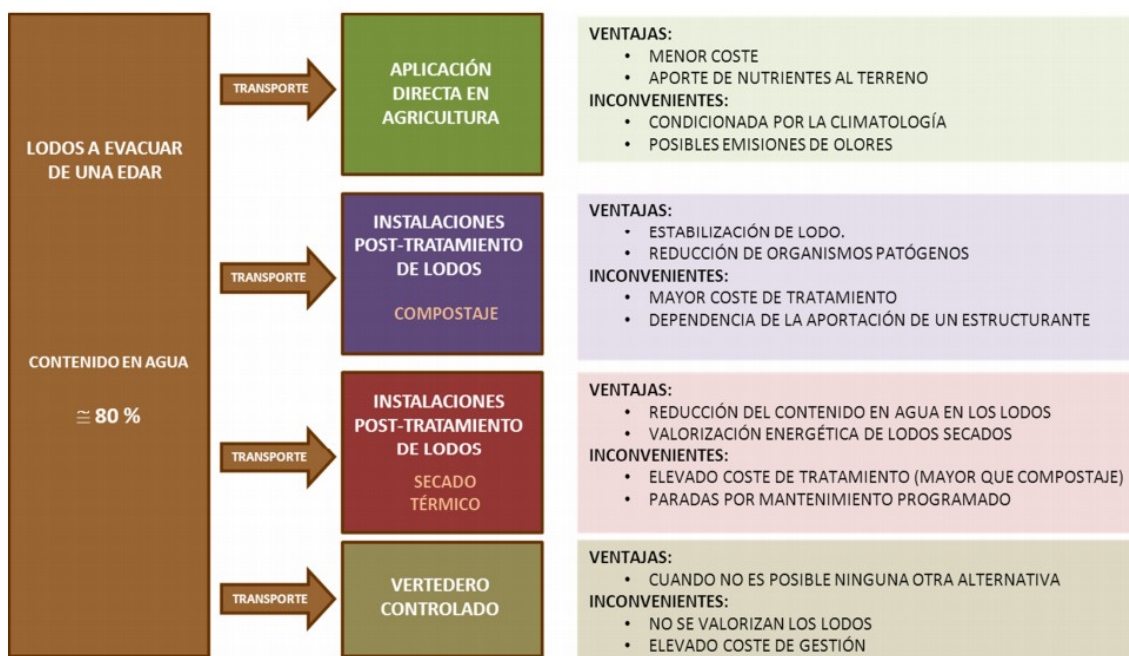


Ilustración V: Alternativas de eliminación de lodos

En la siguiente ilustración, se puede observar el destino final de los lodos por Comunidades Autónomas.

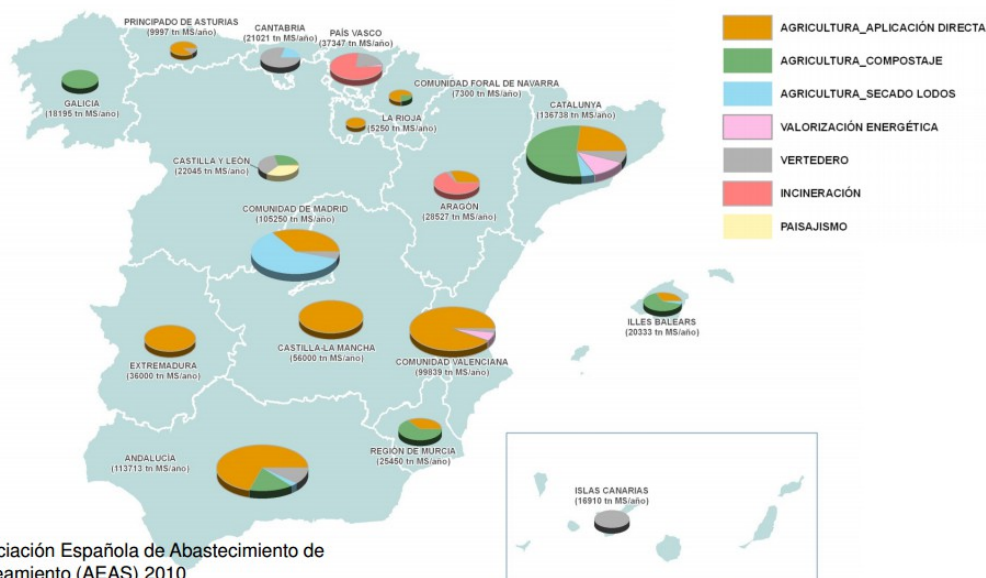


Ilustración VI: Destino de los lodos de las depuradoras.

Siendo en Andalucía, la aplicación directa en la agricultura la más extendida.

Referente a la gestión de las EDAR, podemos decir que son productores de lodos y como tales productores de residuos deben asegurar su correcta gestión, esto pueden hacerlo directamente o encargarla a gestores autorizados, todo ello conforme a lo que establece la Ley 22/2011, de 28 julio, de residuos y suelos contaminados.

La orientación de su gestión debe realizarse respetando los principios de la política de residuos relativos a la protección del medio ambiente y la salud humana y aplicando la jerarquía en las opciones de gestión, priorizando la prevención sobre el reciclado, otros tipos de valorización incluida es la energética y quedando en último lugar el depósito en vertedero.

En la actualidad las orientaciones sobre su gestión se recogen en el Plan Nacional Integrado de Residuos (PNIR).

En materia de prevención, referida ésta a la minimización de las cantidades generadas, disminución de la contaminación presente en los mismos y a la reducción de los impactos adversos sobre el medio ambiente. Se debe prestar atención preferente a la prevención de la contaminación en origen, es decir, a la disminución de la carga contaminante de las aguas residuales, que llegan a las EDAR (cantidades de materia oxidable- en términos de DQO y DBO5-, sólidos en suspensión y materias tóxicas, como metales pesados y contaminantes orgánicos, de manera que está implicado el sistema de saneamiento en su globalidad (desagües efectuados desde los hogares, otros vertidos a la red municipal de colectores, existencia o no de redes

separativas de pluviales, el mantenimiento de los colectores, etc.).

Asimismo los tratamientos efectuados a los lodos pueden incidir de forma significativa en la composición y cantidad de lodos tratados que deben ser objeto de gestión posterior.

En cuanto al tratamiento, con carácter general los lodos se tratan en la propia depuradora para reducir su contenido en agua, en patógenos y asegurar la estabilidad de la materia orgánica.

Los tratamientos biológicos más frecuentes son:

- La digestión anaerobia.
- La estabilización aerobia.
- El compostaje.

En algunos casos estos lodos son tratados fuera de las depuradoras en instalaciones específicas de tratamiento de residuos.

Una vez tratados, los lodos pueden ser sometidos a otras operaciones de tratamiento finalistas que aseguran un destino final adecuado y ambientalmente seguro.

De acuerdo con la Ley 10/1998 de Residuos, los principales usos posibles de los lodos de depuradora y el orden de prioridad en que se debe decidir el destino final de éstos es:

- La aplicación al suelo con fines de fertilización y reciclaje de los nutrientes y de la materia orgánica.
- La valorización energética en todas sus variantes.
- El depósito en vertedero.

Los lodos pueden ser aplicados en los suelos agrícolas conforme a lo que establece el Real Decreto 1310/1990, de 29 de octubre, por el que se regula la utilización de los lodos de depuración en el sector agrario, incinerados en instalaciones de incineración de residuos o coincinerados en cementeras conforme al Real Decreto 653/2003, de 30 de mayo, sobre incineración de residuos, y depositados, en vertederos siempre que cumplan las condiciones que se establecen en el Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.

La regulación relativa a la utilización de lodos de depuración en el sector agrario crea el Registro Nacional de Lodos que incluye la información que deben suministrar las instalaciones depuradoras, las instalaciones de tratamiento de lodos y los gestores que realizan la aplicación agrícola.

La actualización de la información contenida en dicho Registro debe hacerse conforme lo que establece la Orden AAA/1072/2013, de 7 de junio, sobre utilización de lodos de depuración en el sector agrario.

El destino final de los lodos según datos del Registro Nacional de Lodos ha primado como destino final su utilización agrícola (aproximadamente el 80% de los generados). Se ha logrado reducir en gran medida el depósito en vertedero (aproximadamente el 8% actualmente), y la incineración va creciendo (en torno a un 4%). Otro destino de menor importancia cuantitativa es el uso de los lodos en suelos no agrícolas. (*Calidad y evaluación ambiental. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente*).

3. PROCESO DE DIGESTIÓN ANAEROBIA

La digestión anaerobia, o biometanización, es un proceso microbiológico de fermentación de la materia orgánica, en condiciones de ausencia de oxígeno, transformándose por la acción bacteriana los compuestos orgánicos en metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2).

El propósito principal es la transformación del lodo a un estado estable en el cual no esté sujeto a descomposición biológica posterior, que no cree situaciones peligrosas o molestas al disponerse en el medio ambiente y que pueda ser deshidratado y secado rápidamente. Este propósito puede ser alcanzado en una forma que es la producción de gas metano, y para entender mejor esto se discutirán los factores que influyen la producción biológica de metano más adelante.

Este proceso se condiciona en gran medida por las condiciones en las que se desarrolla el proceso, por lo que resulta de especial importancia el control de dichas condiciones. A continuación se procede a describir los parámetros de control más relevantes que conllevan una influencia reseñable en el proceso:

- **Temperatura.**

Puesto que la digestión es un proceso tan lento, con frecuencia es necesario aplicar calor para acelerar las reacciones bioquímicas implicadas. Los sistemas sin calentamiento con frecuencia se llaman lagunas de lodos y también son digestores. Sin embargo, la digestión “en frío” o la digestión psicrófila que opera a temperaturas bajo 20°C es empleada en ocasiones en los casos de aguas residuales con baja carga orgánica. La mayoría de los digestores convencionales funcionan en la gama mesófila, es decir, entre 12 y 35°C , optimizándose el proceso entre los 29 y 33°C , pues en este rango la actividad de las bacterias hidrolíticas, acetogénicas y metanogénicas es máxima y similar. Ambas poblaciones anaerobias psicrófilas y mesófilas son encontradas en naturaleza, en los sedimentos inferiores de los lagos y zonas pantanosas o en los estómagos de animales herbívoros. Las poblaciones termófilas no son tan comunes en el ambiente natural, aunque la digestión anaerobia puede ocurrir en la gama termófila de entre 37 - 65°C , con un óptimo en las proximidades de los 55°C . En la figura siguiente, se observan los efectos de la temperatura en la digestión anaerobia.

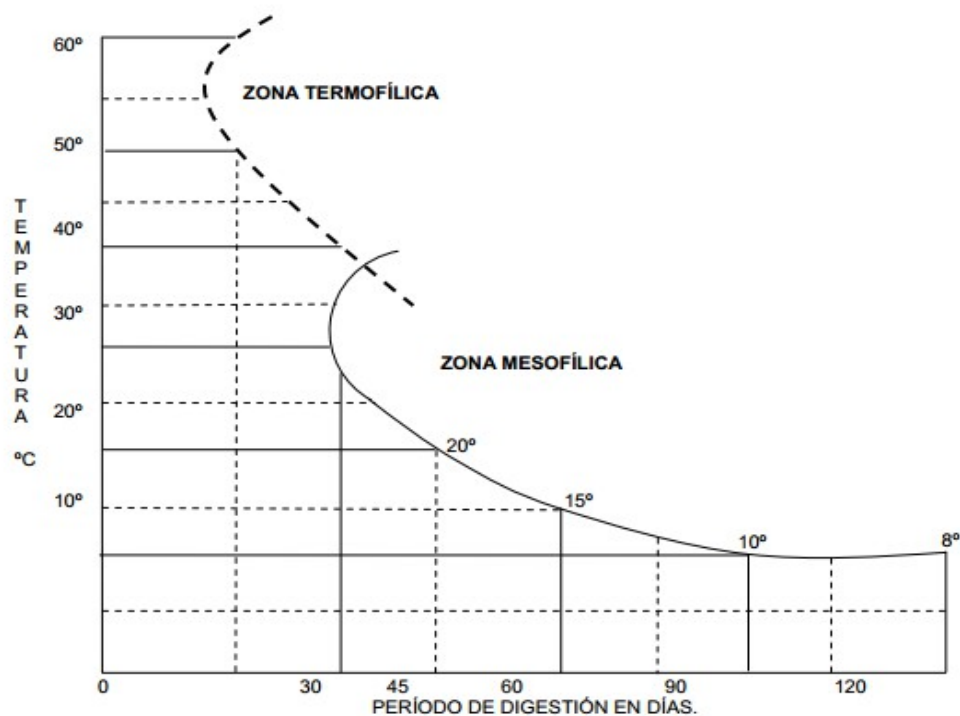


Ilustración VII: Efecto de la temperatura en la digestión anaerobia.

*Fuente. Hernández Muñoz, A. 2001. "Depuración y desinfección de aguas residuales".
Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Quinta edición. España.*

- **pH**

Los organismos que intervienen en cada fase son diferentes, y debe establecerse un equilibrio entre la producción de ácidos y su regresión, para que ambos tipos de organismos puedan coexistir dentro del digestor y encuentren las posibilidades ambientales para su desarrollo. Concretamente, los organismos productores de ácidos y, por consiguiente, el proceso de digestión suele interrumpirse por el decaimiento de los organismos productores de metano debido a algún cambio ambiental que les hace menos viables. Esta es la razón de que el pH del fango en digestión sea indicio de que la digestión se está realizando en condiciones adecuadas, ya que, si los organismos productores de metano son inhibidos o destruidos, no se degradan los ácidos producidos y el pH dentro del digestor disminuirá progresivamente. Por debajo de pH 6.2 la supervivencia de los microorganismos productores de metano es imposible y, por consiguiente, cuando en un digestor se alcanza este pH, la digestión puede considerarse como interrumpida.

El control del pH determinará si los distintos procesos se realizan satisfactoriamente. El fango digerido tiene pH comprendido entre 7 y 8. La reacción alcalina constituye la base de que el tratamiento es correcto.

Desde el punto de vista de equilibrio ácido-base, puede representarse el líquido de suspensión de un fango digerido, como una solución acuosa de productos intermedios y terminales, que se obtienen en el curso de la digestión.

Caben distinguirse:

- Los ácidos volátiles (acético, propiónico, butírico) en equilibrio con sus sales.
- El ácido carbónico y su sal ácida, el bicarbonato
- El amoníaco en forma de sales.

Para un pH y una concentración dados, existe una relación definida entre el ácido y su sal. De la misma forma, para un CO₂ total dado, solamente existe una relación entre el ácido libre y el bicarbonato.

Los ácidos acético, propiónico y butírico son ácidos de igual fuerza, ligeramente superior a la del ácido carbónico.

A pH 7, todo el ácido volátil se encuentra en forma de sal. Con pH comprendido entre 4.1 y 7, el equilibrio ácido-base se caracteriza por la presencia de bicarbonato, de ácido carbónico, de acetato y de ácido acético. A $\text{pH} \geq 7$ se tiene ácido carbónico, bicarbonato y acetato. La escala de pH permite situar estas mezclas. En la tabla 10 se muestra la escala de pH que permite situar estas mezclas. (Hernández Muñoz, A. 2001. "Depuración y desinfección de aguas residuales". Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Quinta edición. España).

pH	% de Acetato en equilibrio	% de Ácido Acético
5	64.31	35.7
5.5	85-	15-
6	94.74	5.26
6.5	98.26	1.74
7	99.45	0.55

Ilustración VIII: Relación Acetato-Ácido Acético.

Fuente: Hernández Muñoz, A. 2001. "Depuración y desinfección de aguas residuales". Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Quinta edición. España.

pH	% Acetato en equilibrio	% Ácido Acético
5	64.31	35.7
5.5	85	15
6	94.74	5.26
6.5	98.26	1.74
7	99.45	0.55

Tabla 2.

Las bacterias metanogénicas son muy sensibles a las variaciones de pH, por lo que las condiciones óptimas para que se desarrolle el proceso se dan con un pH estable de alrededor de 7.0-7.2.

- **Compuestos presentes en el medio**

Las bacterias metanogénicas son sensibles a la presencia de determinados compuestos en alta concentración: metales pesados, fenoles, amonio, compuestos aromáticos, etc. Asimismo, la presencia de ácidos volátiles (como el ácido acético) influye en el metabolismo de las metanogénicas, optimizándolo cuando estos ácidos se encuentran a pequeñas concentraciones, e inhibiendo su actividad en concentraciones superiores a 2000 ppm.

Además, existen otros parámetros, propios del digestor y de los residuos empleados, que influyen en el desarrollo del proceso:

- **Velocidad de Carga Orgánica (VCO)**

Describe la máxima cantidad de materia orgánica por unidad de volumen y tiempo, que puede introducirse en el digestor para su transformación en biogás sin que provoque una distorsión en el proceso. Se suele expresar en kg DQO/m³ día.

- **Tiempo de retención hidráulico (TRH) o Tiempo de Retención de Sólidos (TRS)**

Es el tiempo de permanencia de un determinado residuo (líquido o sólido, respectivamente) en el digestor para que toda la sustancia orgánica se transforme en metano. Estos tiempos de retención son cruciales en el desarrollo del proceso, por lo que resulta conveniente determinar los tiempos de retención de la biomasa. Este tiempo necesario para la estabilización de los fangos es función de la temperatura de digestión.

En la gama de las temperaturas de 14°C a 65 °C, las bacterias ordinarias o mesófilas mantienen su actividad hasta los 35°C. Por encima de esta temperatura desaparecen las condiciones adecuadas para su existencia.

A partir de este momento, dejan paso a las bacterias que se adaptan mas al calor, razón por la que se les llama termófilas, y cuya formación exige un periodo de puesta en actividad especial.

Las mejores condiciones de funcionamiento, para el proceso termofílico, se dan entre los 50°C y 60°C.

Se sabe que los digestores podrán funcionar con tiempo de retención del líquido próximo a los dos días, siempre que el tiempo de retención de los volátiles sea superior a un cierto valor crítico. Este tiempo crítico de retención (td) c de los sólidos es el periodo por debajo del cual se inhibe la digestión, como consecuencia del arrastre de los gérmenes metánicos indispensables, los cuales como se sabe, tienen un

crecimiento muy lento.

Como se ha dicho anteriormente, el porcentaje de regeneración de las bacterias metánicas es de aproximadamente 10 días a 35°, para aquellas que crecen mas lentamente. Por debajo de un (td) c de aproximadamente 10 días, la producción de metano cae rápidamente, cesando completamente el proceso para un (td) c de 3 a 4 días. A este valor se le llama "tiempo mínimo de retención de sólidos" (td) min. (Hernández Muñoz, A. 2001. *"Depuración y desinfección de aguas residuales"*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Quinta edición. España)

- **Contenido en Materia Orgánica del Vertido.**

Si el proceso de biometanización se desarrolla de manera adecuada, el contenido en MO del efluente debería de ser muy bajo, señal de que se ha transformado en biogás la mayoría de los nutrientes disponibles. Si la carga orgánica es alta o, por ejemplo, existe una alta proporción de ácidos volátiles en el efluente, el proceso no se ha desarrollado convenientemente.

- **Caudal de metano.**

La relación entre este parámetro y el contenido en materia orgánica del vertido por ejemplo, como DQO- da una medida bastante exacta del coeficiente de rendimiento del digestor.

Todas estas características del proceso son propias de los residuos introducidos en el digestor, que por su propia naturaleza presenta unas u otras propiedades. (*"Estudio básico del biogás"*; Agencia Andaluza de la Energía; Conserjería de Economía, Innovación y Ciencia; Septiembre, 2011).

El factor de mezclado.

Las instalaciones de digestión convencionales consistían exclusivamente en un depósito de fangos cerrado a la atmósfera. En él se producía una estratificación que de abajo hacia arriba se puede interpretar de la siguiente manera: fango digerido, fango de digestión, sobrenadante, capa de espumas y gases de digestión. Al desarrollarse el proceso y llegar a la denominada digestión de alta carga, se estableció que era fundamental que el contenido del digestor fuera mezclado completamente de una forma mas o menos continua. Con ello, se conseguía reducir sustancialmente el tiempo de digestión.

Las razones que se han dado para realizar el mezclado han sido:

- Se tienen en contacto de forma continua los microorganismos activos con el alimento suministrado.
- El alimento suministrado es uniformemente distribuido y está siempre a

disposición de los organismos.

- Se mantiene a niveles mínimos la concentración de productos finales e intermedios, así como a los posibles inhibidores del metabolismo bacteriano.
- Se mantiene una homogeneidad térmica, previniendo la estratificación por este concepto.

Otro de los objetivos del mezclado ha sido consecuencia del problema de la capa de espumas de los digestores, intentando conseguir la rotura de dicha capa o evitar su formación.

En consecuencia, han surgido muchos sistemas de mezclado fundamentalmente basados en el bombeo del fango, bombeo del gas a través del licor mezcla del digestor y agitación mecánica del contenido de la instalación. Cada uno tiene sus ventajas e inconvenientes, pero hay que presuponer el efecto distinto que tienen sobre el proceso de digestión.

Cabe destacar que, considerando únicamente el sistema de mezclado por agitación mecánica, Sen y Bhaskaran concluían que al variar la agitación mecánica no variaba la eficiencia de la digestión. Pero posteriormente Basu y Leclerc demuestran que el resultado anterior es erróneo por considerar velocidades de agitación bajas, y que al pasar de 60 r.p.m. aumenta la eficiencia, llegando a no existir formación de espumas a 90 r.p.m. (Hernández Muñoz, A. 2001. *"Depuración y desinfección de aguas residuales". Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Quinta edición. España*).

Ácidos volátiles

La concentración de ácidos volátiles, producto de fermentación, tiene una gran importancia en el proceso de la digestión, pues puede llegar a acidificar el fango provocando el fallo del proceso. Los valores óptimos están comprendidos entre 50 y 500 mg/l como ácido acético, siendo un valor extremo 2,000 mg/l.

El aumento de la concentración de ácidos volátiles puede venir producido por sobrecarga de alimentación, o por una inhibición de las metanobacterias. A su vez, una gran concentración puede provocar la rotura de la capacidad tampón del fango, disminución del pH y, en consecuencia, inhibición de las bacterias formadoras de metano. (Hernández Muñoz, A. 2001. *"Depuración y desinfección de aguas residuales". Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Quinta edición. España*).

Alcalinidad

Según Evans y otros, la mayor parte de la alcalinidad del fango de digestión esta formada por bicarbonato amónico, consecuencia de la combinación del amoniaco con el dióxido de carbono producido en la fermentación ácida. Las respectivas concentraciones de alcalinidad y ácidos volátiles dan como consecuencia la capacidad

tampón del sistema. Por ello, el verdadero parámetro de control del proceso, que engloba los parámetros anteriores, (pH y ácidos volátiles), es la llamada relación ácidos volátiles/alcalinidad. Es deseable que la capacidad tampón del sistema sea alta, lo cual se traduce en que la relación anterior sea baja (entre 0 y 0.1).

Cuando la relación ácidos volátiles-alcalinidad comienza a aumentar es que algo no funciona bien. Al alcanzar valores de 0.5, debido a serios descensos de alcalinidad y al llegar a 0.8 o más el pH del contenido del digestor comienza a descender. Por lo tanto, este parámetro parece ser un indicador más rápido que el pH, puesto que éste cambiará cuando ya se haya roto la capacidad tampón del sistema, mientras que la relación ácidos volátiles-alcalinidad es un indicador de dicha capacidad tampón (Hernández Muñoz, A. 2001. "Depuración y desinfección de aguas residuales". Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Quinta edición. España).

Los tratamientos biológicos que se desarrollan durante el tratamiento de las aguas residuales generan una cierta cantidad de biogás, que se suma a la derivada de los lodos de depuradora. En general, en instalaciones pequeñas, el biogás suele quemarse en antorcha, aunque en instalaciones de mayor tamaño existen sistemas para la generación eléctrica a partir de la mezcla gaseosa, de esto podría ser objeto futuros estudios de la E.D.A.R "El Torno".

En general, se puede afirmar que existen dos tipos de tratamiento posibles para los residuos orgánicos, mediante métodos biológicos, según hablemos de procesos aerobios (compostaje) o anaerobios (biometanización). A continuación se presenta una comparativa entre ambos procesos, para el caso de los lodos de depuración.

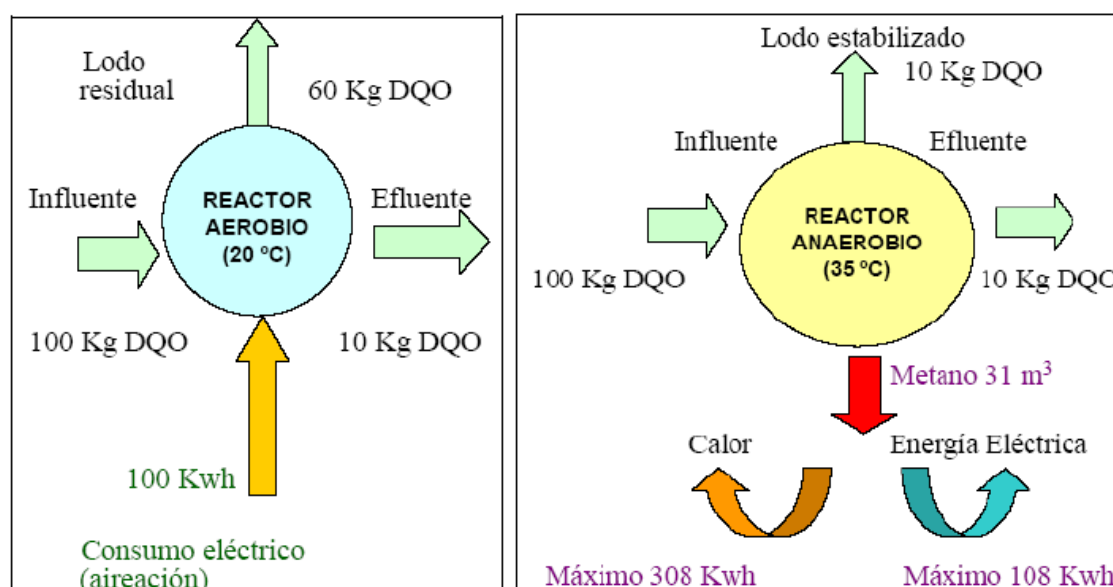


Ilustración IX: Balance comparativo de los procesos aerobios y anaerobios.

Fuente: CSIC.2008.La Experiencia del biogás en Andalucía.

Como se puede apreciar, mientras el proceso aerobio exige el aporte de energía para la aireación, el anaerobio la genera en forma de biogás, además de reducir más eficientemente el volumen total de los efluentes producidos.

Por otro lado, el requerimiento de componentes de la relación Carbono / Nitrógeno / Fósforo en los procesos anaerobios es menos exigente que en los aerobios. Es decir, nitrógeno y fósforo no resultan ser factores tan limitantes en los procesos anaerobios.

En lo que respecta al punto de vista económico, para alcanzar una rentabilidad con el proceso es preciso aumentar al máximo la producción de biogás a partir de determinado sustrato.

Por ello, resulta crucial el control de los parámetros en que se desarrolla el proceso (temperatura, salinidad, pH, etc.), determinarán que la producción de biogás, el contenido en metano del mismo, y, por consiguiente, la rentabilidad económica del proceso, se maximicen.

Asimismo, el digestato resultante del proceso puede rentabilizarse económicamente, suponiendo un ingreso adicional para la explotación de este tipo de plantas.

La metanogénesis a partir de compuestos complejos se produce gracias a la acción coordinada de tres grupos de bacterias, cada uno con su papel establecido.

El primer grupo que participa en el proceso son las **bacterias hidrolíticas acidogénicas**, que se encargan de destruir los compuestos complejos, de largas cadenas, en compuestos simples, de entre 1 y 4 carbonos. Así, tomando como sustrato un compuesto orgánico de cadena larga (proteínas, polisacáridos, lípidos, etc.) se obtienen multitud de compuestos orgánicos simples (ácidos fórmico, acético, propiónico, butírico, etc.).

El segundo grupo que participa es el de las **bacterias acetogénicas**. En este proceso se genera acetato a partir de los ácidos orgánicos simples formados en la hidrólisis acidogénica, añadiendo al proceso hidrógeno molecular (H_2) y dióxido de carbono (CO_2).

Por último, la metanogénesis se desarrolla en dos reacciones diferenciadas, por parte de las **arqueobacterias metanogénicas**:

- Las **metanogénicas acetoclásticas** (70% del total) transforman el acetato en metano (CH_4).
- Las **metanogénicas hidrogenófilas** (30% del total) convierten el hidrógeno molecular (H_2) y el dióxido de carbono (CO_2) en metano (CH_4).

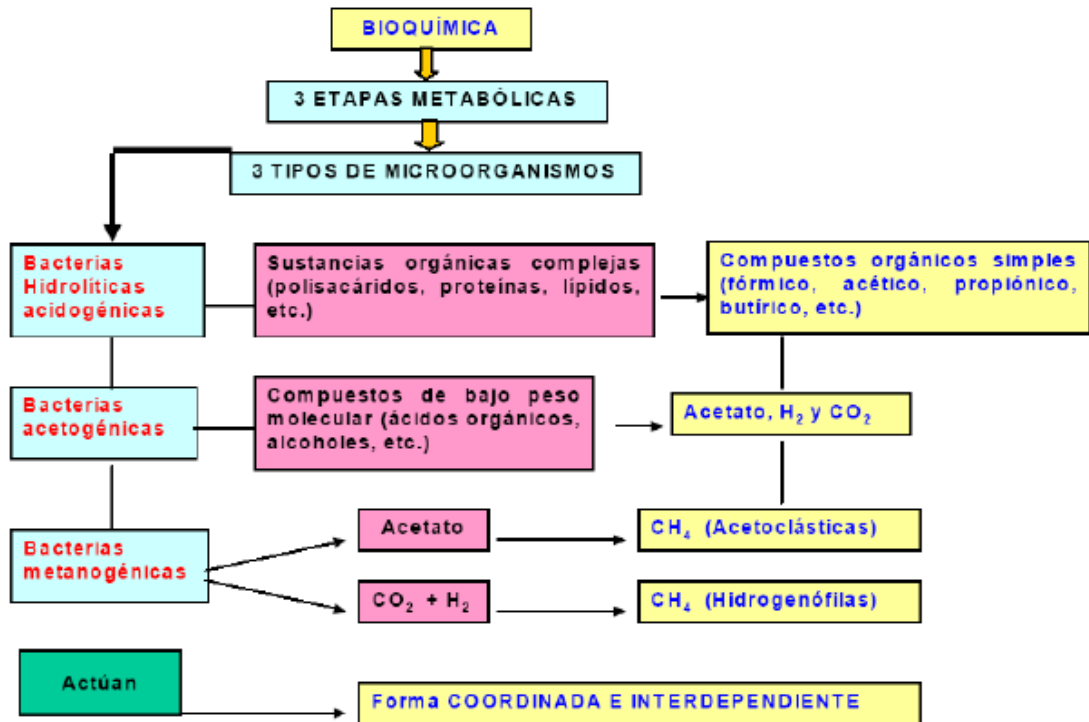


Ilustración X: Esquema del proceso de biometanización.

Fuente. CSIC.2008.La Experiencia del biogás en Andalucía.

En el proceso completo se produce lo que se conoce como sintrofismo, ya que la aparición de un grupo de bacterias posibilita que acontezcan las otras reacciones. Es decir:

- La fragmentación de los compuestos de cadena larga a cargo de las hidrolíticas acidogénicas posibilita que se desarrolle la reacción de acetogénesis.
- La existencia de acetato, H₂ y CO₂ posibilita la existencia de sustrato para la actividad de la metanogénesis.
- La retirada del hidrógeno molecular del medio por parte de esta reacción impide que se inhiba la reacción de acetogénesis.

Así pues, la actividad de cada grupo de bacterias resulta interdependiente de las del resto de los grupos, configurándose como una especie de ecosistema microbiano en el que el papel de cada grupo influye en la actividad del resto de la biota microbiana. (*"Estudio básico del biogás"*; Agencia Andaluza de la Energía; Conserjería de Economía, Innovación y Ciencia; Septiembre, 2011).

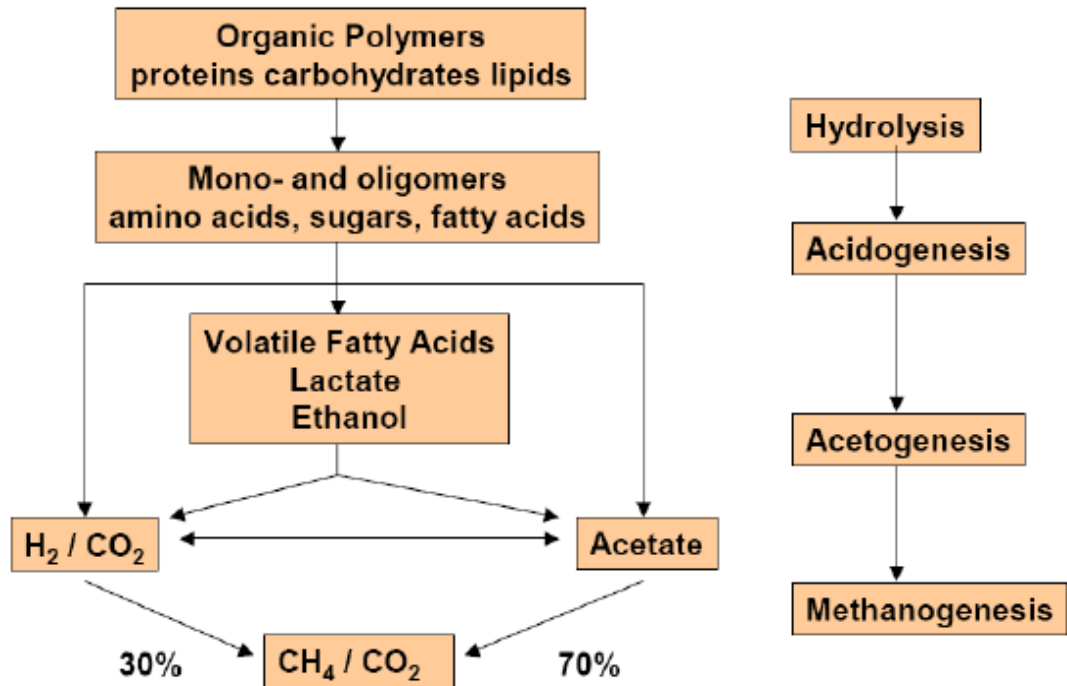


Ilustración XI: Esquema de las reacciones de biometanización. Los polímeros orgánicos se transforman mediante las reacciones sucesivas de hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis en metano y dióxido de carbono.

Fuente. LEAF.2008.Look Hulshoof. Biogas Technology in Europe.

Todo el proceso se da en unas condiciones de anaerobiosis pues los microorganismos que desarrollan la metanogénesis son, en general, anaerobios estrictos, y, en su mayoría, mesófilas (rango de temperatura de actuación de en torno a 35°C). No obstante, el arco de temperatura en que puede producirse la reacción va desde el rango psicrófilo (en torno a 15°C) hasta el termófilo (en torno a 55°C), aunque el rendimiento difiere en función de esta temperatura.

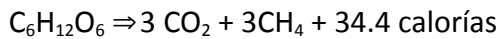
El producto final del proceso de biometanización es una mezcla de gases generados por las reacciones microbiológicas, compuesto de:

- Metano: Entre un 50% y un 75%.
- Dióxido de Carbono: Entre un 25% y un 50%.
- Otros gases: Nitrógeno, Hidrógeno, Sulfuro de Hidrógeno... Entre un 1% y un 5%.

Esta mezcla de gases de composición variable es lo que se conoce como biogás. La composición varía por diversos factores, entre los que se incluyen el tipo de sustrato

utilizado para la reacción (el residuo), el tiempo durante el que se prolonga la reacción, los pretratamientos que se puedan realizar, los postratamientos de purificación del gas, etc. (*"Estudio básico del biogás"; Agencia Andaluza de la Energía; Conserjería de Economía, Innovación y Ciencia; Septiembre, 2011*).

Este biogás se producen como resultado de la fermentación de la materia orgánica en ausencia de aire por la acción de un microorganismo.



El proceso de digestión anaerobia produce de 400 a 700 litros de gas por cada kilogramo de materia volátil destruida, según sean las características del fango.

El biogás del digestor (debido al metano) posee un poder calorífico aproximado de 4,500 a 5,600 Kcal/m³. El poder calorífico del biogás esta determinado por la concentración de metano (8,500 Kcal/m³), pudiéndose aumentar eliminando todo o parte del CO₂ presente en el biogás.

La producción total de gas depende fundamentalmente de la cantidad de alimento consumido por las bacterias o, dicho de otra forma, de la cantidad de sustrato eliminado en el proceso. Dicho sustrato suele expresarse normalmente por la demanda de oxígeno (normalmente DQO), y por los sólidos volátiles.

Según Eckenfelder los valores máximos de la producción de gas por fango de la Estación Depuradora de Aguas Residuales son:

1-1.25 m³/kg SV destruídos
0.30-0.42 m³ CH₄/Kg DQO destruido

Según Brady la producción de gas, en condiciones normales de funcionamiento de un digestor, debe oscilar entre 0.44 y 0.75 m³ por cada kilogramo de materia volátil destruida *Hernández Muñoz, A. 2001. "Depuración y desinfección de aguas residuales". Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Quinta edición. España*).

También la producción del biogás puede ser estimada a partir de una base per capita, según Metcalf (*Metcalf and Eddy. 2003. "Wastewater Engineering. Treatment and Reuse". Fourth edition. Mc Graw Hill.*), el rendimiento normal es de 15 a 22 m³/10³ hab·día en depuradoras con tratamiento primario. En depuradoras con tratamiento secundario la producción se incrementa cerca de 28 m³/10³ hab·día.

Teniendo en cuenta la heterogeneidad en la composición del sustrato se entiende que la cantidad de biogás que se puede producir a partir de un determinado tipo de sustrato y su composición (y, por tanto, su contenido energético) dependerá de su composición química.

La potencia calorífica inferior del biogás es aproximadamente de 5 250 Kcal/m³, para una riqueza en metano del 60% (Fernández J., Pérez M., Romero L. 2008. "Effect of substrate concentration on dry mesophilic anaerobic digestion of organic fraction of municipal solid waste (OFMSW)).

En la siguiente tabla se muestra la composición del biogás obtenido a partir de la fermentación de diferentes tipos de residuo.

Componente	Residuos ganaderos	Residuos agrícolas	Fangos de depuradora	Residuos municipales	Gas de vertedero
Metano	50-80 %	50-80 %	50-80 %	50-70 %	45-60 %
Dióxido de carbono	30-50 %	30-50 %	20-50 %	30-50 %	40-60 %
Agua	Saturado	Saturado	Saturado	Saturado	Saturado
Hidrógeno	0-2 %	0-2 %	0-5 %	0-2 %	0-0,2 %
Sulfuro de hidrógeno	0-1 %	100-700 ppm	0-1 %	0-8 %	0-1 %
Amoníaco	Trazas	Trazas	Trazas	Trazas	0,1-1 %
Monóxido de carbono	0-1 %	0-1 %	0-1 %	0-1 %	0-0,2 %
Nitrógeno	0-1 %	0-1 %	0-3 %	0-1 %	2-5 %
Oxígeno	0-1 %	0-1 %	0-1 %	0-1 %	0,1-1 %
Constituyentes en cantidades trazas, compuestos orgánicos	Trazas	Trazas	Trazas	Trazas	0,01-0,6%[*]

[*] Terpenos, ésteres,...

Ilustración XII: Componentes del biogás en función del sustrato utilizado.

Fuente: Xavier Elías Castells (2005). *Tratamiento y Valorización Energética de Residuos.*

La calidad del biogás obtenido es tanto mejor cuanto mayor sea el porcentaje de metano en la mezcla, ya que un alto componente de metano permite unos usos similares a los del gas natural (contenido de metano en torno al 92%).

El factor clave para el aprovechamiento de biogás a partir de un residuo es la producción de biogás por tonelada de residuo. En las siguientes tablas se muestra la producción potencial de biogás para diferentes tipos de residuos:

Tipo	Contenido orgánico	SV (%)	Producción biogás (m ³ /t residuo)
Intestinos + contenidos	Hidratos de carbono, proteínas, lípidos	15-20	50-70
Fangos de flotación	65-70% proteínas, 30-35% lípidos	13-18	90-130
BBO (tierras filtrantes de aceites, con bentonita)	80% lípidos, 20% otros orgánicos	40-45	350-450
Aceites de pescado	30-50% lípidos	80-85	350-600
Suero	75-80% lactosa, 20-25% proteínas	7-10	40-55
Suero concentrado	75-80% lactosa, 20-25% proteínas	18-22	100-130
Hidrolizados de carne y huesos	70% proteínas, 30% lípidos	10-15	70-100
Mermeladas	90% azúcares, ácidos orgánicos	50	300
Aceite soja/ margarinas	90% aceites vegetales	90	800-1.000
Bebidas alcohólicas	40% alcohol	40	240
Fangos residuales	Hidratos de carbono, lípidos, proteínas	3-4	17-22
Fangos residuales concentrados	Hidratos de carbono, lípidos, proteínas	15-20	85-110
FORSU separada en origen	Hidratos de carbono, lípidos, proteínas	20-30	150-240

Ilustración XIII: Producción potencial de biogás a partir de residuos de la industria agroalimentaria, fangos de depuradora, mataderos, pesqueros y residuos municipales.

Fuente: PBG.2009. *Manual Estado del Arte de la Co-digestión Anaerobia de Residuos Ganaderos y Agroindustriales.*

Como podemos observar en la figura, los m³ de biogás generado por tonelada de fangos depende del porcentaje de sólidos volátiles que tengamos, en el caso de fangos residuales donde el porcentaje es de un 3 a un 4%, se producirán de 17 a 22 m³ por tonelada de fangos, mientras que en el caso de fangos concentrados con un 15 a 20% de contenido en sólidos volátiles a igualdad de fangos se generarán de 85 a 110 m³ de biogás.

Además, tiene vital importancia en el desarrollo del proceso el control de las condiciones en que se desarrolla el mismo. Las bacterias metanogénicas crecen 10 veces más lentamente que el resto de bacterias (tiempo de generación de 2 a 12 días) (CSIC.2008.*La Experiencia del biogás en Andalucía*), y además son muy sensibles a determinados factores, como se mencionó anteriormente.

En el apartado 5 del presente proyecto, trataremos de forma amplia las diferentes opciones de digestión.

3.1 ALMACENAMIENTO Y USO DEL BIOGÁS GENERADO

Las variaciones de producción de gas en los digestores se amortiguan mediante depósitos de almacenamiento (gasómetros), que pueden ser de diversos tipos, y de baja, media o alta presión. Entre ellos tenemos:

- **Gasómetros de baja presión**

Entre los más utilizados están los de cúpula o campana flotante sobre depósito de agua, puede alcanzar volúmenes de almacenamiento importantes, aunque no suele sobrepasar los 1500 m³. La presión normalmente no supera los 50 mbar.

- **Gasómetros hinchables**

Tanques de gas de media y alta presión. Son los mismos tanques que se utilizan para almacenar cualquier gas. Se consideran de media presión hasta 8-10 bar, con compresores de una etapa. A presiones superiores se necesitan compresores de varias etapas.

En el presente proyecto se optará por el gasómetro de doble membrana con forma de semiesfera, siendo éste el más común como elemento de almacenamiento de biogás. Por su carácter aislado, su función es la de contener el gas hasta su posterior uso, siendo la producción del mismo en otra parte de la planta. Estos gasómetros se diferencian de los que se usan en los digestores por sus proporciones geométricas, que fuerzan a una mayor presión de trabajo en el aire que los mantiene erguidos.

El gasómetro contará con una válvula de sobre presión y depresión, dispositivo de medición de aire en continuo y equipo de presión.

El uso del biogás, puede tener diferentes usos como se indica en la siguiente figura:

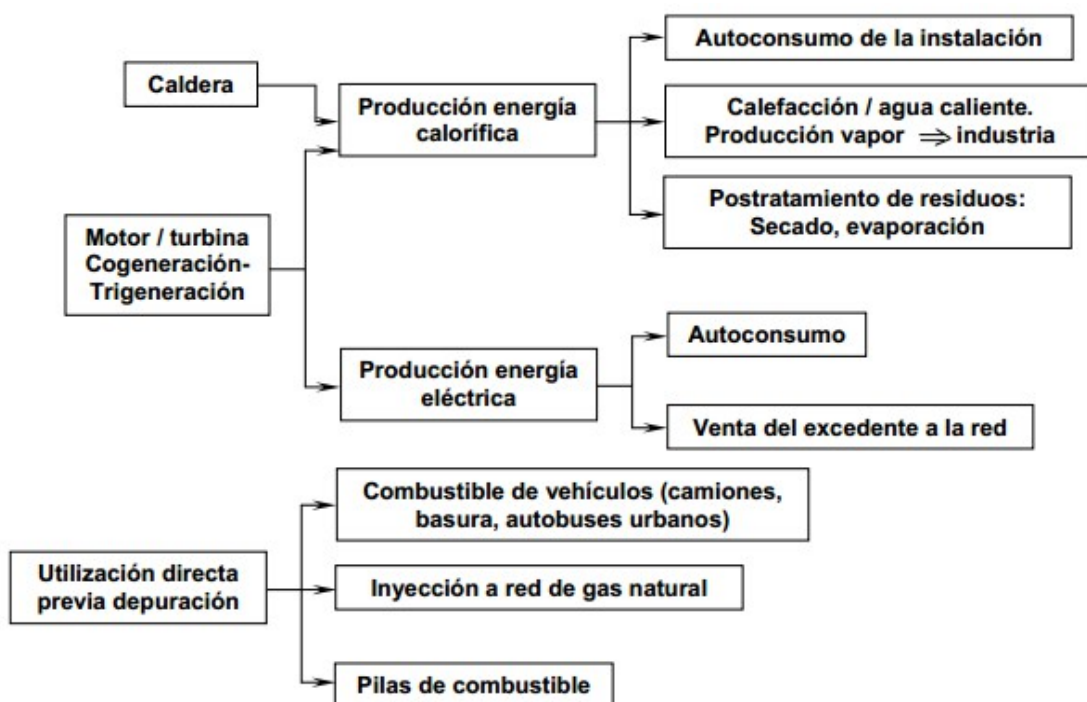


Ilustración XIV: Diferentes usos del biogás.

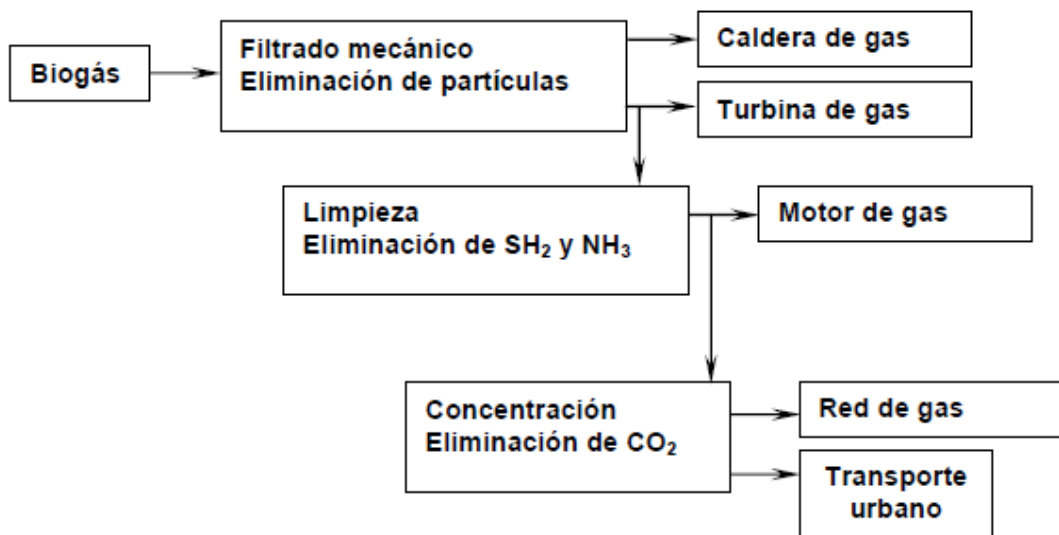


Ilustración XV: Necesidad del tratamiento del biogás en función del uso.

La necesidad y tipo de tratamiento depende de la composición del biogás y del uso que se le vaya a dar. El biogás suele contener ácido sulfhídrico que puede ser corrosivo si hay superficies metálicas. Además corroe el hormigón. También puede contener hidrocarburos.

El gas fluye de los digestores saturado de vapor de agua, que también es perjudicial para las instalaciones y es necesario eliminarlo. En otros casos será preciso concentrar el gas, eliminando el CO₂, que puede suponer del 60-40% en volumen. (Fernández J., Pérez M., Romero L. 2008. *"Effect of substrate concentration on dry mesophilic anaerobic digestion of organic fraction of municipal solid waste (OFMSW)"*).

- **Eliminación de partículas**

Se trata de métodos sencillos que se basan en el uso de rejillas metálicas, trampas de agua o combinaciones de ambas.

- **Deshidratación**

Condensadores. El biogás normalmente se encuentra saturado de vapor de agua. La eliminación del agua se realiza mediante su condensación en trampas frías. Si la digestión se realiza a 35 °C, el biogás contiene aproximadamente 35 g de agua por m³. La trampa fría o condensador aprovecha la diferencia de temperaturas entre el digestor y la temperatura ambiente exterior para condensar el agua en forma natural.

- **Eliminación de H₂S**

El sulfhídrico es un compuesto altamente corrosivo por lo que su concentración debe reducirse por debajo de los niveles aceptables, para proteger las instalaciones de gas, motores, calderas y turbinas. Durante el proceso de digestión anaerobia, en el que se mantienen condiciones reductoras, en presencia de compuestos azufrados en el medio, se desarrollan bacterias sulfato reductoras que producen H₂S, en proporciones que pueden llegar al 1% en volumen. La eliminación de H₂S del biogás se consigue por diferentes métodos, que básicamente se basan en una oxidación a azufre elemental, sólido. Se puede eliminar usando gran variedad de absorbentes en medio líquido u oxidantes en fase sólida. Los métodos que utilizan absorbentes líquidos son preferiblemente usados si es necesario eliminar también CO₂ para alguna aplicación. Los métodos de eliminación en seco son en general mejores si no es necesario eliminar CO₂ y son más económicos, sobretodo en pequeñas instalaciones (Fernández J., Pérez M., Romero L. 2008. *"Effect of substrate concentration on dry mesophilic anaerobic digestion of organic fraction of municipal solid waste (OFMSW)"*).

4. CONDICIONANTES PARA LA EJECUCIÓN DE LA PLANTA

4.1 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El objetivo del presente proyecto consiste en el dimensionamiento y la selección de las unidades que comprende el proceso de depuración de las aguas residuales de origen urbano para el tratamiento de los fangos en la Estación de Depuración de Aguas Residuales procedentes del municipio de Chiclana de la Frontera en Cádiz, este municipio cuenta como se ha comentado anteriormente con dos E.D.A.Rs.

Debido al aumento de la población en época estival, y a que originariamente estas estaciones de depuración fueron diseñadas tanto la EDAR. “El Torno” como la EDAR “La Barrosa” para un total de 40.000 y 30.000 habitantes respectivamente, surge la necesidad de ampliar estas depuradoras.

La EDAR de “El Torno” se encuentra al límite del caudal de diseño para el que se construyó. Se pone de manifiesto que debido al paso del tiempo, y a la sobrecarga de tratamiento, sufre un deterioro de los equipos e instalaciones.

Se prevé que en un futuro se incorporen a la red de saneamiento nuevas zonas del municipio, provocando un aumento considerable del caudal de agua bruta.

En el presente proyecto se intenta dar solución a los problemas ocasionados por este aumento (tanto de los habitantes que el municipio tendrá censados como los presentes en época estival y futuras anexiones de viviendas que actualmente no están conectadas a la red de saneamiento), mediante la modificación de la línea correspondiente al tratamiento de fangos de la depuradora de “El Torno” y el tratamiento en esta depuradora de los lodos generados en la depuradora “La Barrosa” que excedan la capacidad máxima de la misma.

Se incluirá en el presente proyecto, los cálculos correspondientes a los espesadores por gravedad y flotación en la depuradora de “El Torno”, el espesador por gravedad de “La Barrosa”, así como, los digestores anaerobios para el tratamiento de los lodos en la depuradora de “El Torno”. De esta depuración anaerobia se generará biogás, que tendrá cabida en un proyecto a nivel internacional que se está llevando a cabo en Chiclana Natural, S.A., en el cual se piensa aprovechar este biogás generado como alimento/combustible de algas.

En futuros proyectos, para un mayor aprovechamiento del biogás, se podría estudiar la viabilidad de autoabastecer a la E.D.A.R, con este biogás como generador de electricidad (para el funcionamiento de las diferentes unidades de la estación de

depuración) y calor (para el calentamiento de los fangos en los digestores y para el secado de los mismos), mediante un sistema de cogeneración. Esto produciría un ahorro energético con sus consecuentes ventajas, como son el ahorro económico (menos electricidad), mayor garantía de suministro (ante un corte o fallo en la red, se puede seguir suministrando electricidad, al menos en los equipos considerados críticos), reducción de emisiones a la atmósfera (como es el CH₄, en éste caso utilizado como combustible para las microturbinas y el CO₂ generado es utilizado como alimento de las algas).

Se evaluarán diferentes disposiciones y alternativas, eligiéndose las idóneas atendiendo a factores como la seguridad, mantenimiento, operación, impacto ambiental, etc.

El hecho de proyectar una nueva línea de fangos en la EDAR del Torno, como hemos comentado anteriormente, se basa en los inconvenientes de la planta actual, que queda resumido en los siguientes puntos:

- 1) Limitación de depuración.
- 2) Envejecimiento de las instalaciones.
- 3) Aumento del caudal debido a la población y futuras anexion(es) (incremento de la población y zonas).
- 4) Necesidad de aprovechamiento de los fangos.
- 5) Criterios de calidad del efluente.

Así mismo, se trasladarán los fangos generados en la EDAR “La Barrosa” para ser depurados en la EDAR “El Torno” debido a:

- Altas necesidades de caudales de tratamiento requeridos (actualmente la capacidad es de 14.000 m³/día y según PGOU las necesidades podrían que llegar a 35.000 m³/día).
- La inexistencia de espacios adecuados en la zona para la construcción de una nueva EDAR.
- Las limitaciones de espacio después de las distintas ampliaciones sufridas en la EDAR.
- Las exigencias tecnológicas y limitaciones por encontrarse la EDAR dentro de una zona residencial (ausencia de olores, perímetros de seguridad, etc.).

Las ventajas de trasladar los lodos generados en la EDAR “La Barrosa” a la EDAR “El Torno”, serían:

- Gestión unificada de fangos (posibilita la digestión anaerobia).
- Menores costes de explotación (eliminación de O₂ puro), tratamiento anaerobio de los lodos, por lo que se eliminaría el tratamiento aerobio que hay actualmente.
- Generación de una fuente de energía (biogás).

Este biogás se genera en la digestión de los fangos mediante digestión anaerobia, y como se analizará más adelante presenta varias ventajas.

- Liberación de espacio en la EDAR “La Barrosa”.
La línea de tratamiento de fangos de “La Barrosa” se verá liberada de los puntas máximas de fangos en verano, al derivarse a “El Torno”, se retrasarán las necesidades de ampliación de la EDAR.
- Conseguir una fuente de CO₂ para futuros proyectos de Chiclana Natural.
Mediante este tipo de digestión, en el biogás obtenido, es 4.861,46 m³/día (ver anexo III), producto que servirá como fuente de energía, para proyectos en los que participa Chiclana Natural.

La ampliación de la depuradora se hará de forma que minimice el impacto sobre el normal funcionamiento de la instalación, de forma que la EDAR pueda continuar con su normal funcionamiento durante la construcción de la línea de fangos.

La zona correspondiente a la actual línea de fangos que quedará obsoleta, permitiendo la utilización de este espacio para la ampliación futura de la línea de agua.

4.2 SITUACIÓN DE PARTIDA

Como se ha comentado anteriormente, para la consecución del presente proyecto, partimos de la situación inicial donde tenemos dos depuradoras ya construidas, la E.D.A.R. “El Torno” que fue construida en 1986 y reformada en 1996, y según los últimos datos pertenecientes a 2.013, recibe un caudal diario de 10.395,4 m³. Dado que está diseñada para 11.472 m³, soporta un 90,6% de su capacidad, con una superficie de 11.888 m².

Datos de diseño	Año construcción: 1986	Tras reforma: 1.996
Q entrada (m ³ /día)	9.100	11.472
Población	40.000	53.000
Q (m ³ /h)	380	478
DBO ₅ (mg/l)	506	450
S.S (mg/l)	609	280

Tabla 3.

Se trata de una depuradora con tratamiento primario y secundario mediante fangos activados de media carga, con posterior decantación, estabilización y secado, y de un tratamiento terciario del agua para su posterior reutilización para riego de zonas verdes, áreas agrícolas y campos de golf. Consta además con un sistema de eliminación de nitrógeno y fósforo para verter en zona sensible, un sistema de desodorización del aire procedentes de las diferentes etapas de la depuración y un sistema de tratamiento de fangos con O₂ puro.

La E.D.A.R “La Barrosa” fue construida en 1.991, reformándose en 2.003. Según datos de 2.013 depura un caudal medio diario de 6.819 m³/día, que suponen un 39,9% del caudal total de aguas tratadas, con una carga contaminante máxima de 3.640 Kg de DBO₅. La depuradora se encuentra próxima a una zona urbana consolidada, y presenta dificultades para su ampliación en el entorno inmediato.

De los datos facilitados se conoce que la capacidad máxima de depuración de las instalaciones de esta depuradora equivale a un caudal de 14.000 m³/día, caudal equivalente a una población máxima de 56.000 habitantes, si se considera un volumen medio de vertidos por habitante de 250 litros, según se extrae de los datos de explotación de las depuradoras. (*Plan General de Ordenación Urbanística, Chiclana de la Frontera*).

Se trata de una depuradora con dos tipos de tratamiento, por un lado convencional, con depuración primaria y secundaria mediante fangos activados de media carga, con tratamiento adicional de nitrificación y desnitrificación, y la posterior decantación, estabilización y secado de fangos, y por otro lado mediante biofiltros.

Consta además de una línea de tratamiento de lodos basada en la estabilización aerobia, un sistema de eliminación de nitrógeno y fósforo por verter en zona sensible, un sistema de desodorización del aire proveniente de las diferentes etapas y un tratamiento terciario del agua para su posterior reutilización para riego de campos de golf.

En el caso de la E.D.A.R “La Barrosa” el incremento de caudales no es muy pronunciado siendo necesario ampliar su superficie en unos 5.000 m², llegando así a un total de 19.000 m². Además, en aras de garantizar el suministro de agua regenerada es necesario construir un depósito de unos 12.500 m³, para lo que se requiere ocupar una parcela de 7.000 m² anexa a la E.D.A.R. según el Plan General de Ordenación Urbanística, Chiclana de la Frontera.

Actualmente, la situación presente en cuanto a la reutilización de las aguas es la siguiente:

El tratamiento terciario para la desinfección y filtrado de las aguas es realizado en las instalaciones de cada EDAR. Actualmente, solo se aprovechan unos 2.900.000 m³/año de agua depurada para reutilización, sobre el total de los recursos existentes (uso agrícola y riego de los campos de golf). Esta cifra supone un porcentaje de reutilización del 31,5% sobre la totalidad de los vertidos que llegan hasta las EDAR.

La EDAR “El Torno” reutiliza las aguas depuradas exclusivamente para el riego de zonas verdes y agrícolas de la zona noreste del municipio, correspondiente a la demanda de riego de las zonas verdes municipales y zonas verdes del Cementerio Mancomunado, y para las zonas agrícolas de la zona este del municipio, que suman un total de 160 Has.

Por su parte la EDAR “La Barrosa” suministra agua reciclada para la totalidad de los campos de golf del municipio, reutilizando en total un volumen de 1.940.636 m³. Las instalaciones en servicio para el riego de campos de golf desde la EDAR “La Barrosa” están formadas por un sistema de tuberías principales a la salida del efluente de las depuradoras, que funcionan mediante impulsión hacia los puntos de demanda final de los campos de golf, con diferentes tomas para servir a la demanda a cada uno de ellos, impulsando directamente desde la estación de bombeo situada a la salida del tratamiento terciario, hacia los lagos y balsas de riego situadas en el interior de cada uno de los campos de golf.

La red de reutilización consta de una tubería principal de impulsión de 315 mm de diámetro, desde donde se suministra en primer lugar al campo de golf del Novo Sancti Petri, derivándose posteriormente tres ramales secundarios, que suministran a los siguientes campos, una tubería de 315 mm de suministro al campo de golf de Campano, una tubería de 250 mm para suministrar al campo de golf de San Andrés, y una tubería doble de 300 mm para el campo de golf de las Lomas de Sancti Petri. (*Plan General de Ordenación Urbanística, Chiclana de la fra*)

4.2.1. ANÁLISIS DE DATOS DE LODOS

El análisis detallado de los lodos producidos en las estaciones de depuración de Chiclana de la Frontera, para el posterior dimensionamiento se encuentran detallados en el anexo II, del presente proyecto.

5. CRITERIOS DE SELECCIÓN Y EXPOSICIÓN DE LAS ALTERNATIVAS TÉCNICAS

Como se ha comentado en apartados anteriores (Situación de partida Tipos de procesos de digestión anaerobia), partimos de una situación inicial donde la digestión llevada a cabo en las depuradoras, es una digestión aerobia.

Se analizará y se optará por uno de los procesos de digestión tratados en el apartado 5.1.1 y se comprobará si es el que mejor se ajusta a las características actuales y futuras de las depuradoras.

Las digestiones aerobios y anaerobios tienen varias ventajas y desventajas en su aplicación para el tratamiento de fangos:

	Ventajas	Desventajas
Digestión aerobia	<ul style="list-style-type: none"> - Buena reducción de sólidos volátiles (similar a la digestión anaerobia). - Reducidas concentraciones en DBO5 del sobrenadante obtenido. - Minimización del problema de olores en el producto digerido. - Obtención de un producto con gran valor desde el punto de vista agrícola. 	<ul style="list-style-type: none"> - El fango así estabilizado resulta más difícil de deshidratar. - Elevados costes de mantenimiento debido a la gran incidencia del gasto energético. Este punto es especialmente importante y el que hace que este tipo de estabilización tenga solo interés en pequeñas instalaciones.
Digestión anaerobia	<ul style="list-style-type: none"> - Alta capacidad de depuración de aguas residuales de alta carga. - Muy baja producción de lodos (de 5 a 10 veces menos que en la digestión aerobia). - Bajo requerimientos de nutrientes. - Posibilidad de recobrar energía a través de la utilización del metano generado u orientado en el proceso a la producción de hidrógeno. 	<ul style="list-style-type: none"> - La baja producción de lodo está relacionada directamente con la baja velocidad de crecimiento de los microorganismos. La etapa de arranque del proceso es lenta y difícil, requiriéndose entre 2 y 6 meses para la estabilización del reactor. - Los microorganismos metanogénicos son altamente sensibles a las perturbaciones del proceso (sobrecargas orgánicas e hidráulicas, pH...). Siendo el óptimo de pH (6,5-7,5) para los microorganismos metanogénicos.

Tabla 4. Comparativa de la digestión aerobia y anaerobia. Fuente: Hernández Muñoz. Manual de diseño de EDAR y Steyer et al., 2006.

Como previamente se ha descrito en la tabla 4, donde se exponen las ventajas y desventajas de la digestión anaerobia frente a la aerobia, optaremos por el diseño de la línea de fangos de la EDAR “El Torno” y la digestión de los fangos generados mediante digestión anaerobia, sustituyendo la línea actual de digestión aerobia.

5.1 TIPOS DE PROCESOS EN LA DIGESTIÓN ANAEROBIA

Podemos distinguir dos tipos de procesos: sin enriquecimiento de biomasa y con enriquecimiento de biomasa.

5.1.1 Procesos sin enriquecimiento de biomasa

Pueden dividirse a su vez en tres grandes grupos:

- **Digestión en etapa única con mezcla completa**

El fango se mezcla íntimamente mediante recirculación de gas, mezcladores mecánicos, bombeo o mezcladores con tubos de aspiración y se calienta para conseguir optimizar la velocidad de digestión.

Este tipo de tratamiento es el más extendido en España y básicamente se caracteriza por los siguientes parámetros:

- Proceso en etapa única
- Temperatura en el rango mesófilo (aprox. 35 °C)
- Mezcla completa de todo el fango varias veces al día
- Alimentación con fango crudo espesado
- Sin retirada de sobrenadantes

En la ilustración XVI se muestra un esquema de una instalación de este tipo y en la ilustración XVII se indican los parámetros de diseño típicos. (Hdez Lehmann, A. 2002).

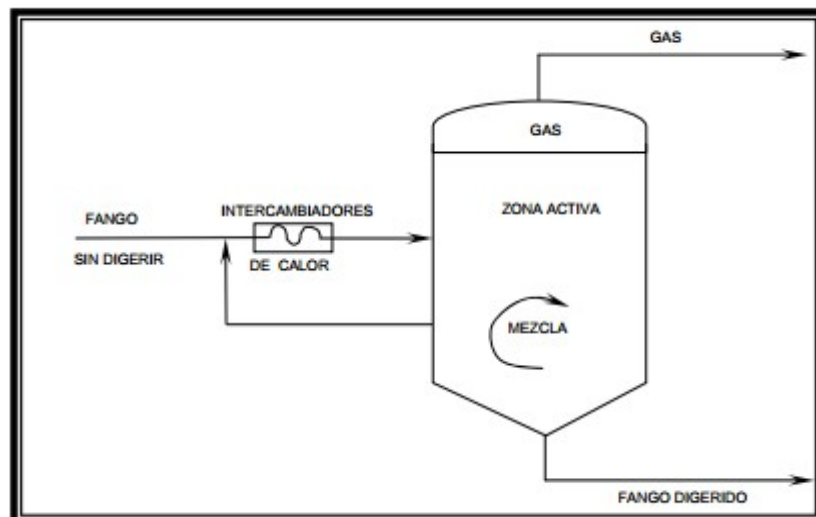


Ilustración XVI: Digestión en etapa única con mezcla completa.

Fuente. Hernández Lehmann, A. 2002. "Manual de diseño de estaciones depuradoras de aguas residuales". Segunda edición).

Parámetros de diseño	Depuradoras pequeñas < 50,000 hab. eq	Depuradoras medias 50, 000-100,000	Grandes depuradoras > 100,000 hab. eq
Tiempo de retención (días)	20	15-20	15
Carga sólidos (Kg SSV/m ³ d)	1.6-2.0	2.0-3.5	3.5-5.0

Ilustración XVII: Parámetros de diseño de la digestión en etapa única con mezcla completa.
Fuente. Hernández Lehmann, A. 2002. "Manual de diseño de estaciones depuradoras de aguas residuales". Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Segunda edición, España.

Las formas mas sencillas de este tipo de proceso son aquellas en las que no existe mezcla completa dentro del sistema, produciéndose por tanto una estratificación, formándose una capa de sobrenadante por encima del fango digerido.

Como consecuencia de esta estratificación, en la práctica, es este tipo de digestores se utiliza menos del 50% de su volumen. Debido a estas limitaciones este tipo de procesos ya prácticamente no se utiliza salvo en instalaciones muy pequeñas.

En la ilustración XVIII, se muestra un esquema de una instalación de este tipo y se indican los parámetros de diseño típico, así como en la ilustración XIX, los parámetros de diseño.

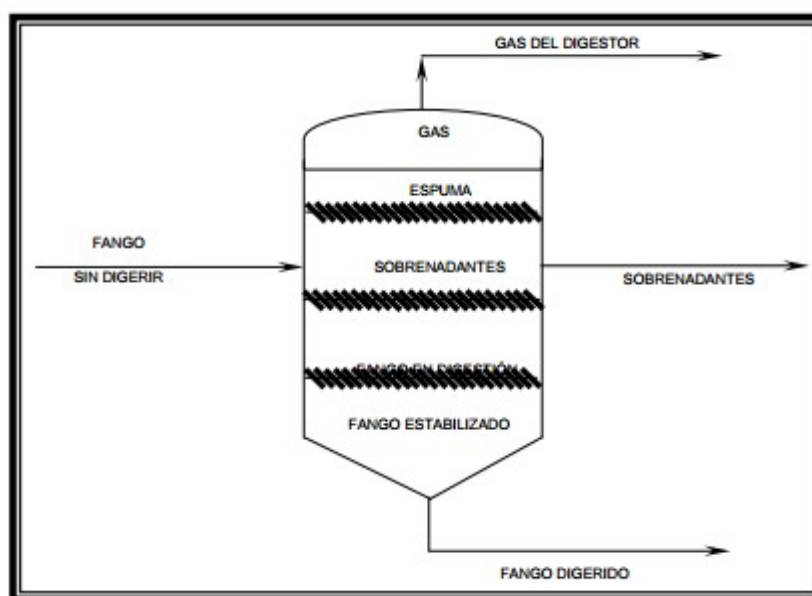


Ilustración XVIII: Digestión en etapa única sin mezcla.

Fuente. Hernández Lehmann, A. 2002. "Manual de diseño de estaciones depuradoras de aguas residuales". Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Segunda edición, España.

Parámetros de diseño	Valores
Tiempo de retención (días)	30-60
Carga de sólidos (kg.SSV/m ³ d)	0,4-1,6

Ilustración XIX: Parámetros de diseño para un digestor en etapa única sin mezcla.

Fuente: Hernández Lehmann, A. 2002. "Manual de diseño de estaciones depuradoras de aguas residuales". Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Segunda edición, España.

- **Digestión en doble etapa**

En este proceso el primer tanque se utiliza para la digestión y se equipa con los dispositivos necesarios para el mezclado. El segundo tanque se utiliza para el almacenamiento y concentración del fango digerido y para la concentración de un sobrenadante relativamente clarificado.

En muchas ocasiones, ambos tanques se construyen idénticos, de forma que cualquiera de ellos puede ser el tanque primario (en este caso los parámetros de diseño a adoptar serían los mismos que en el apartado anterior para ambos tanques). No obstante, en la mayoría de los casos y por razones económicas, el segundo de los tanques es abierto y no calentado.

En la ilustración XX, se muestra un esquema de una instalación de este tipo y se indican en la ilustración XXI, los parámetros de diseño típicos.

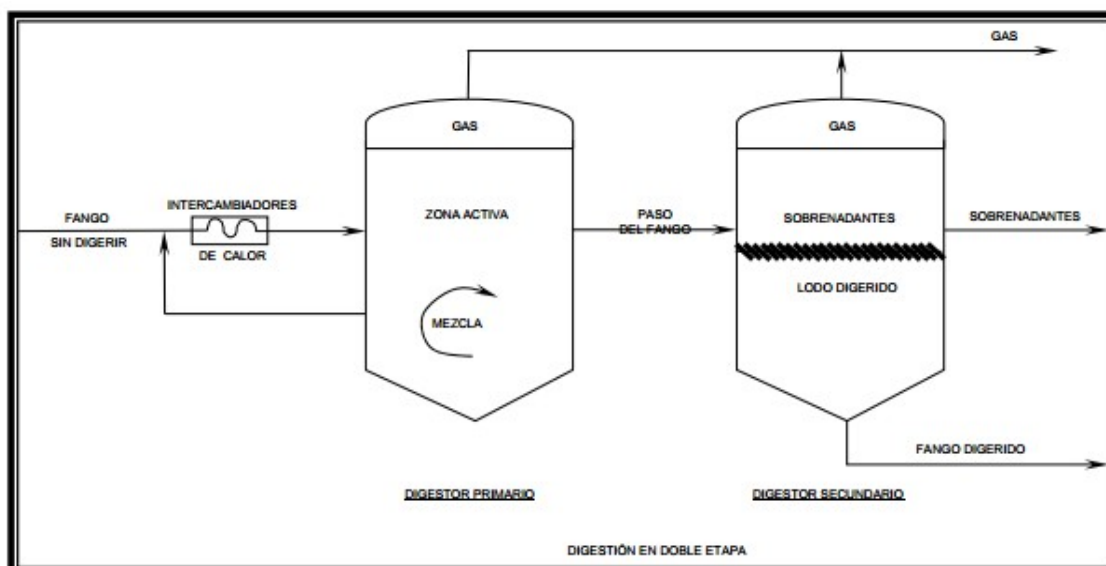


Ilustración XX: Digestión en doble etapa

Fuente: Hernández Lehmann, A. 2002. "Manual de diseño de estaciones depuradoras de aguas residuales". Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Segunda edición, España.

Parámetros de diseño	Digestor primario	Digestor secundario
Tiempo de retención (días)	10-15	5-8
Carga sólidos (Kg. SSV/m ³ d)	1.6-4.8	-

Ilustración XXI: Parámetros de diseño para un digestor en doble etapa.
Fuente: Hernández Lehmann, A. 2002. "Manual de diseño de estaciones depuradoras de aguas residuales". Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Segunda edición, España.

- **Digestión en dos fases**

En este proceso mediante el establecimiento de unas condiciones específicas se consigue separar en dos reactores los dos tipos de microorganismos actuantes. En el primer reactor tienen lugar los procesos de hidrólisis y acidificación y en el segundo reactor tienen lugar los procesos de metanogénesis. En la ilustración XXII, se presenta un esquema de este proceso.

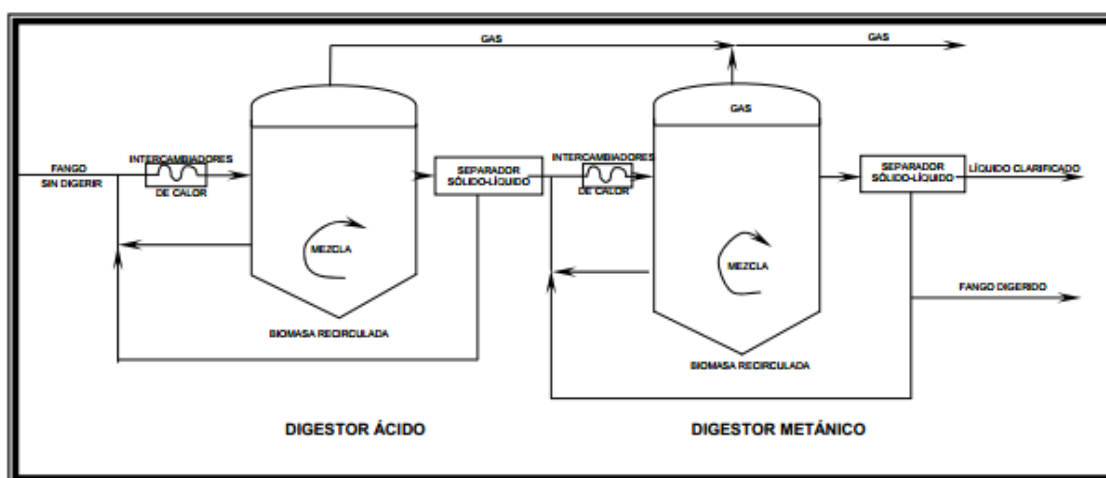


Ilustración XXII: Digestión en dos fases.

Fuente: Hernández Lehmann, A. 2002. "Manual de diseño de estaciones depuradoras de aguas residuales". Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Segunda edición, España.

Como consecuencia de la especialización de las biomazas puede operarse la primera fase (fase ácida) como una fase de muy alta carga. Los productos intermedios formados en esta primera etapa son tratados en la segunda fase (fase metanogénica), la cual es operada con muy baja carga y es donde tienen lugar los procesos de gasificación y mineralización. Mediante este sistema se consigue optimizar al máximo los tiempos de retención del sistema. En la ilustración XXIII, se pueden observar los

parámetros de diseño.

Parámetros de diseño	Digestor ácido		Digestor metánico
Tiempo de retención (días)	Temperatura	t_{R1}	t_{R2}
	26	2	12
	33	4	12
	55	2	10
Carga de sólidos (Kg.SSV/m ³ d)	25-35		2-3

Ilustración XXIII: Parámetros de diseño para un digestor en dos fases.

Fuente: Hernández Lehmann, A. 2002. "Manual de diseño de estaciones depuradoras de aguas residuales". Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Segunda edición, España.

Las ventajas de este tipo de sistema puede resumirse en:

- Optimización de volúmenes necesarios.
- Mayor reducción de materia volátil y por tanto mejor rendimiento.
- Mayor producción específica de gas.

5.1.2 Procesos con enriquecimiento de biomasa

El objetivo de las últimas tecnologías desarrolladas en el campo de la digestión anaerobia es conseguir incrementar los rendimientos de reducción de la materia orgánica consiguiendo una mayor estabilidad y menores costes que en los procesos convencionales. Este aumento del rendimiento se pretende conseguir a través del enriquecimiento con biomasa activa de los digestores.

En la práctica los procesos empleados pueden dividirse en tres grupos:

- Fijación de biomasa mediante la instalación en el interior de los digestores de material soporte fijo (de forma similar a los empleados en lechos bacterianos).
- Fijación de biomasa mediante el relleno del reactor con materiales soporte flotantes, que si bien se escapan del reactor son recirculados posteriormente al mismo mediante diferentes dispositivos (retirada por decantación, flotación, etc.)
- Recirculación de parte de la biomasa ya formada una vez extraída del digestor mediante dispositivos específicos (decantadores, flotadores, etc.)

En la ilustración XXIV se muestra un esquema de un digestor con enriquecimiento de biomasa y en la ilustración XXV, se indican los parámetros de diseño.

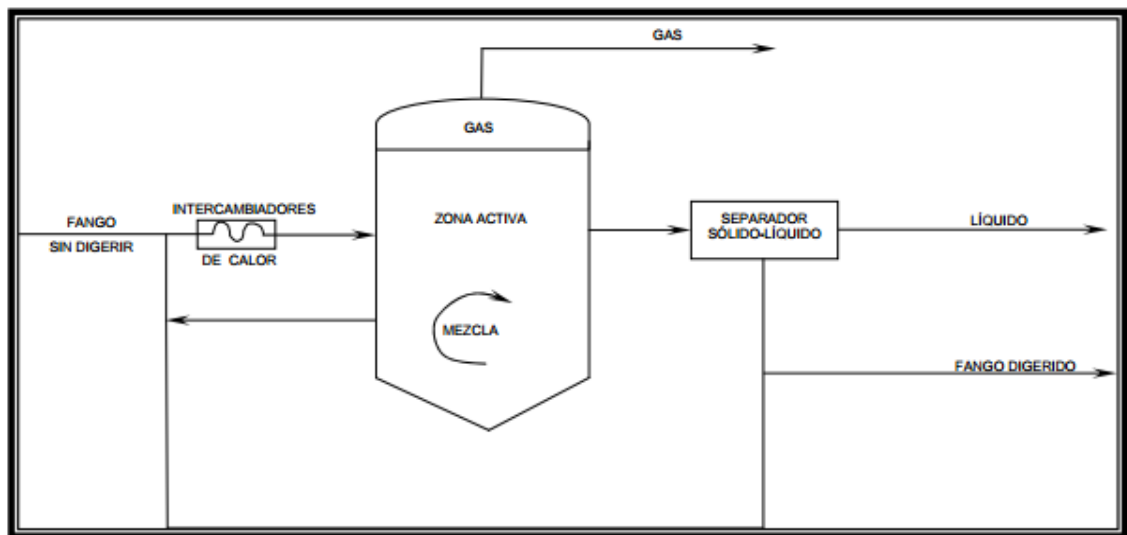


Ilustración XXIV: Digestor con enriquecimiento de biomasa.

Fuente: Hernández Lehmann, A. 2002. "Manual de diseño de estaciones depuradoras de aguas residuales". Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Segunda edición, España.

Parámetros de diseño	Valores
Tiempo de retención (días)	6.8-7
Carga de sólidos (Kg SSV/m ³ d)	3-3.5

Ilustración XXV: Parámetros de diseño para un digestor con enriquecimiento de biomasa.
Fuente: Hernández Lehmann, A. 2002. "Manual de diseño de estaciones depuradoras de aguas residuales". Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Segunda edición, España.

En el presente proyecto, se optará por el diseño de digestores sin enriquecimiento de biomasa, específicamente, digestor en etapa única con mezcla completa todo el año, actuando el segundo digestor como depósito tampón.

El primer tanque se utiliza para la digestión y se equipa con los dispositivos necesarios para el mezclado. El segundo tanque se utiliza para el almacenamiento y concentración del fango digerido así como, para la concentración de un sobrenadante relativamente clarificado, en muchas ocasiones ambos tanques se construyen idénticos, de forma que cualquiera de ellos puede ser el tanque primario, no es nuestro caso, siendo el segundo digestor de menores dimensiones, abierto y no calentado por motivos económicos. Se procederá al cálculo y diseño de los mismos junto con los espesadores de ambas depuradoras (Anexo III).

En cuanto a los tiempo de retención, así como la carga de sólidos, se optará por las condiciones más desfavorables (Anexo III).

En la EDAR "La Barrosa", se redimensionará el espesador por gravedad existente en la depuradora, con el propósito de trasladar los fangos generados en ésta mediante camiones una vez espesado el fango hacia la EDAR "El Torno", para ser digeridos de forma anaerobia.

En la EDAR "El Torno", se construirán en una parcela anexa a la EDAR, 2 espesadores por gravedad y un espesador por flotación, así como dos tanques para la digestión de los lodos (digestor primario y un digestor secundario), así como, se tendrá en cuenta en las obras un edificio para la instalación de centrifugas y un gasómetro para el almacenamiento de biogás.

6. VIABILIDAD DEL PROYECTO

6.1 VIABILIDAD ECONÓMICA

El agua al ser un bien común de gran abundancia en el planeta, tiene un escaso valor comercial. Las estaciones de depuración por tanto, tienen una escasa o nula rentabilidad económica, pero son imprescindibles y necesarias para el tratamiento de las aguas residuales, son sufragadas por organismos públicos y son diseñadas para una vida útil de veinte años aproximadamente, como es el caso del presente proyecto.

El análisis económico es fundamental a la hora de decantarse por una opción u otra, hay que tener en cuenta los costes de instalación, mantenimiento y explotación de la estación de depuración, habiendo grandes diferencias dependiendo del tipo de tratamiento adoptado, en este caso se producirá una inversión inicial que se verá compensada con creces en términos energéticos y con futuros proyectos anexos al presente.

Entre otros, los criterios que priman para la elección de un sistema u otro son la simplicidad de las obras, la facilidad de construcción, los rendimientos alcanzados, etc.

6.2 VIABILIDAD LEGAL

Como se ha comentado anteriormente (ver punto 3.4. Normativa y Legislación) la Unión Europea aprobó la Directiva 91/271/CEE, del Consejo, de 21 de mayo, sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas, en la cual se establece que los Estados miembros adoptarán las medidas necesarias para garantizar que dichas aguas son tratadas correctamente antes de su vertido.

Para ello, la norma comunitaria impone la obligación de someter dichas aguas residuales a tratamientos, más o menos rigurosos, en diferentes plazos. Los criterios que utiliza la Directiva para fijar estas obligaciones son el número de habitantes-equivalentes, concepto definido en función de la carga contaminante tanto de personas, como de animales e industrias y las aglomeraciones urbanas, que son las zonas que presentan una concentración suficiente para la recogida y conducción de las aguas residuales; asimismo, también se toma en consideración la mayor o menor sensibilidad de la zona en la que van a realizarse los vertidos.

Con carácter general, la Directiva establece dos obligaciones claramente diferenciadas:

En primer lugar, las aglomeraciones urbanas deberán disponer, según los casos, de sistemas colectores para la recogida y conducción de las aguas residuales y, en segundo lugar, se prevén distintos tratamientos a los que deberán someterse dichas aguas antes de su vertido a las aguas continentales o marítimas.

En la determinación de los tratamientos a que deberán ser sometidas las aguas residuales urbanas antes de su vertido, se tiene en cuenta si dichos vertidos se efectúan en zonas sensibles o zonas menos sensibles, lo cual determinará un tratamiento más o menos riguroso, en el caso del presente proyecto, el vertido de las EDARs se efectúa en zona sensible, ya que cumple con los requisitos enunciados mas abajo.

Asimismo, el Real Decreto 509/1996, de 15 de marzo, de desarrollo del Real Decreto-ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas, establece los criterios para determinar si una zona es sensible o menos sensible.

Se considerará que un medio acuático es zona sensible si puede incluirse en uno de los siguientes grupos:

- Lagos, lagunas, embalses, estuarios y aguas marítimas que sean eutróficos o que podrían llegar a ser eutróficos en un futuro próximo si no se adoptan medidas de protección.

Se entenderá por «eutrofización»: el aumento de nutrientes en el agua, especialmente de los compuestos de nitrógeno o de fósforo, que provoca un

crecimiento acelerado de algas y especies vegetales superiores, con el resultado de trastornos no deseados en el equilibrio entre organismos presentes en el agua y en la calidad del agua a la que afecta.

Podrán tenerse en cuenta los siguientes elementos en la consideración del nutriente que deba ser reducido con un tratamiento adicional:

- Lagos y cursos de agua que desemboquen en lagos, lagunas, embalses, bahías cerradas que tengan un intercambio de aguas escaso y en los que, por lo tanto, puede producirse una acumulación. En dichas zonas conviene prever la eliminación de fósforo a no ser que se demuestre que dicha eliminación no tendrá consecuencias sobre el nivel de eutrofización. También podrá considerarse la eliminación de nitrógeno cuando se realicen vertidos de grandes aglomeraciones urbanas.
- Estuarios, bahías y otras aguas marítimas que tengan un intercambio de aguas escaso o que reciban gran cantidad de nutrientes. Los vertidos de aglomeraciones pequeñas tienen normalmente poca importancia en dichas zonas, pero para las grandes aglomeraciones deberá incluirse la eliminación de fósforo y/o nitrógeno a menos que se demuestre que su eliminación no tendrá consecuencias sobre el nivel de eutrofización.
- Aguas continentales superficiales destinadas a la obtención de agua potable que podrían contener una concentración de nitratos superior a la que establecen las disposiciones pertinentes del Real Decreto 927/1988, de 29 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica.
- Masas de agua en las que sea necesario un tratamiento adicional al tratamiento secundario establecido en el artículo 5 del Real Decreto-ley y en este Real Decreto para cumplir lo establecido en la normativa comunitaria. Esta Ley estableció que antes del 1 de enero del año 2001, aquellas poblaciones que contaran con más de 15.000 habitantes-equivalentes debían tener un tratamiento secundario de aguas residuales, lo cual es el caso concerniente en el municipio de Chiclana de la Frontera.

En la siguiente tabla se pueden observar los distintos parámetros a tener en cuenta a la hora de verter un residuo a una zona sensible, con las concentraciones, porcentajes de reducción y con los métodos de medida de referencia de cada uno de estos parámetros:

Parámetros	Concentración	Porcentaje mínimo de reducción	Método de medida de referencia
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO 5 a 20 °C) sin nitrificación (2).	25 mg/l O ₂	70-90 40 de conformidad con el apartado 3 del artículo 5 R.D.L. (3).	Muestra homogeneizada, sin filtrar ni decantar. Determinación antes y después de cinco días de incubación a 20 °C ± 1 °C, en completa oscuridad. Aplicación de un inhibidor de la nitrificación.
Demanda química de oxígeno (DQO).	125 mg/l O ₂	75	Muestra homogeneizada, sin filtrar ni decantar. Dicromato potásico.
Total de sólidos en suspensión.	35 mg/l 35 de conformidad con el apartado 3 del art. 5 R.D.L. (más de 10.000 h-e) (3). 60 de conformidad con el apartado 3 del art. 5 R.D.L. (de 2.000 a 10.000 h-e) (3).	90 90 de conformidad con el apartado 3 del art. 5 R.D.L. (más de 10.000 h-e) 70 de conformidad con el apartado 3 del art. 5 R.D.L. (de 2.000 a 10.000 h-e) (3).	Filtración de una muestra representativa a través de una membrana de filtración de 0,45 micras. Secado a 105 °C y pesaje. Centrifugación de una muestra representativa (durante cinco minutos como mínimo, con una aceleración media de 2.800 a 3.200 g), secado a 105 °C y pesaje.

Tabla 5. Requisitos para los vertidos procedentes de instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas. Fuente: ANEXO I. Requisitos de los vertidos de aguas residuales. BOE-A-1996-7159.

6.3. VIABILIDAD TECNOLÓGICA

Para seleccionar un determinado sistema de depuración, con los datos disponibles tanto de caudales de entrada a las depuradoras, los fangos obtenidos, rendimientos alcanzados, población, etc. El fundamento principal serán los límites recomendados de su uso según la superficie necesaria, costes de la primera instalación, mantenimiento, explotación, los parámetros ambientales de funcionamiento, etc.

7. PROCESO DE DEPURACIÓN (TRATAMIENTO Y VERTIDO DEL FANGO).

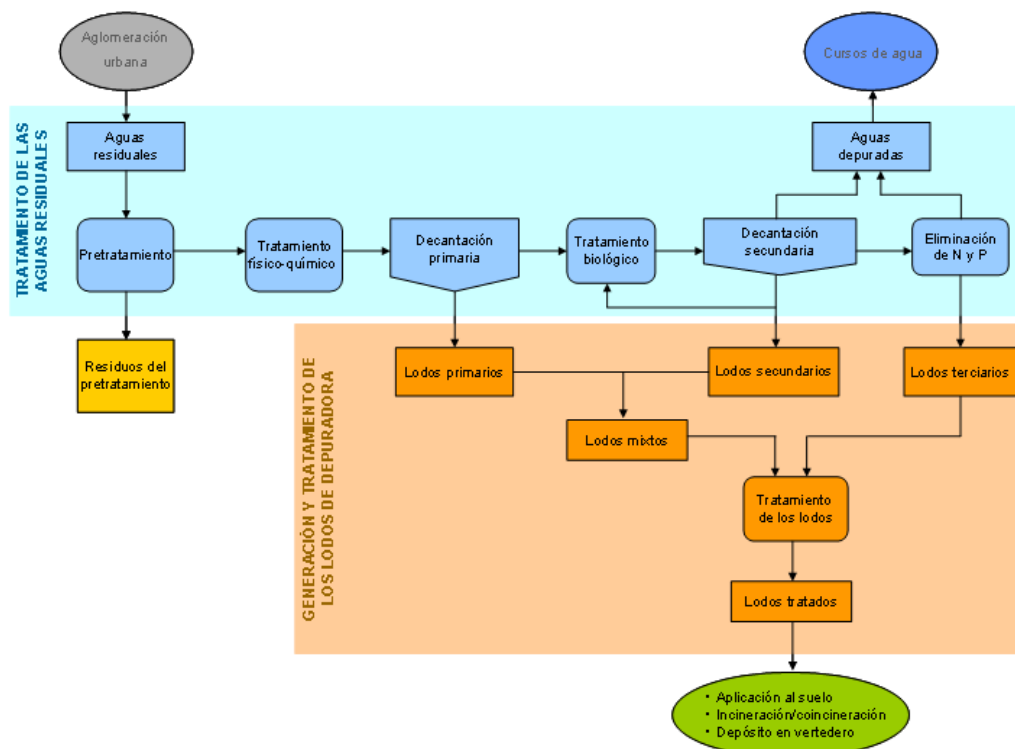


Ilustración XXVI: Generación y tratamiento de lodos.

Fuente. (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente).

A continuación se muestran en las ilustraciones XXVII, XXVIII y XXIX los diagramas de flujo de la nueva línea de fangos, el diagrama actual de la EDAR “La Barrosa” y la EDAR “El Torno” respectivamente.

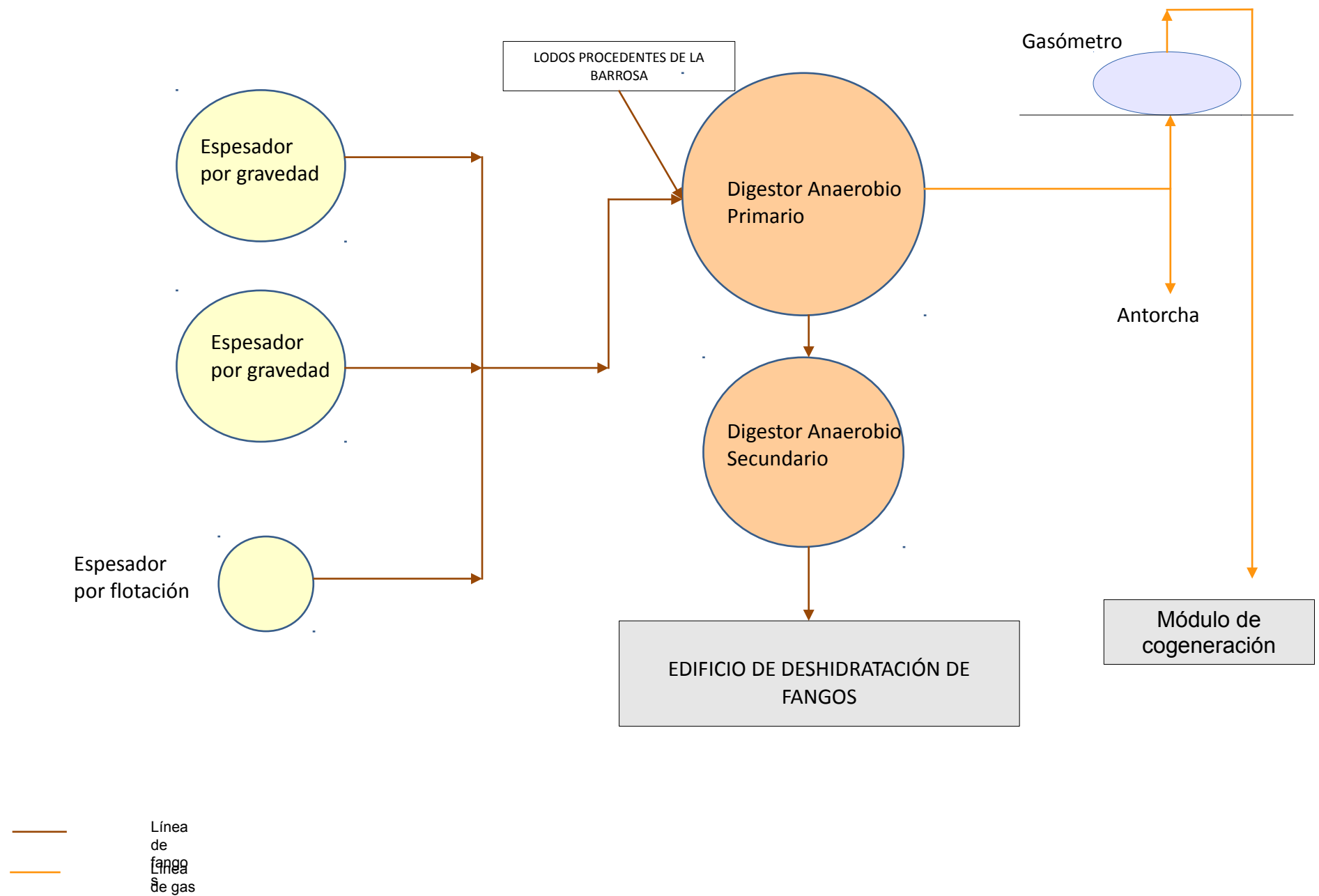


Ilustración XXVII: Diagrama de flujo nueva línea

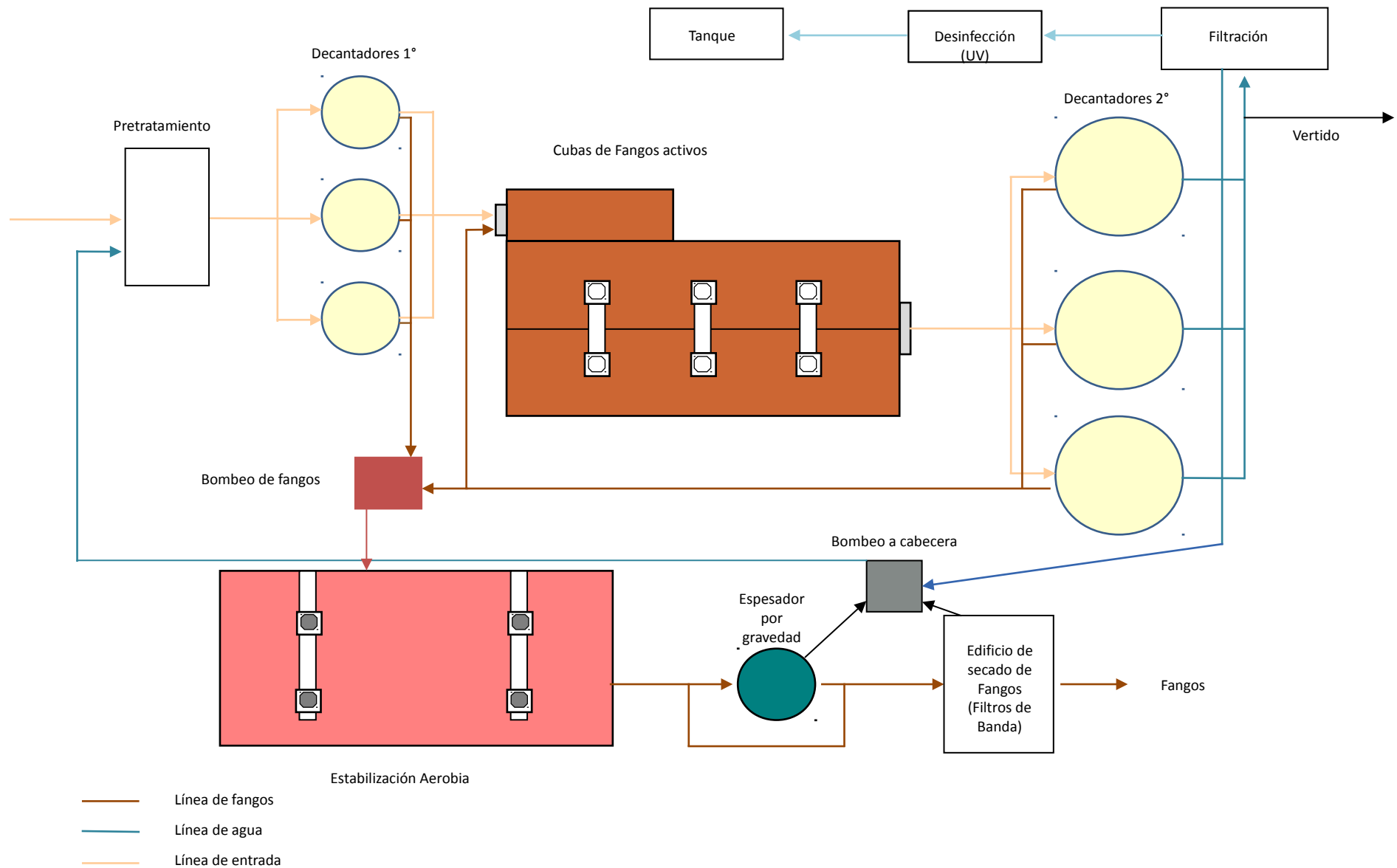


Ilustración XXIX: Diagrama de flujo. EDAR "El Torno"

La siguiente figura muestra los distintos tratamientos englobados en la línea de lodos, el objeto de estos tratamientos y la naturaleza de los procesos que en ellos tienen lugar.

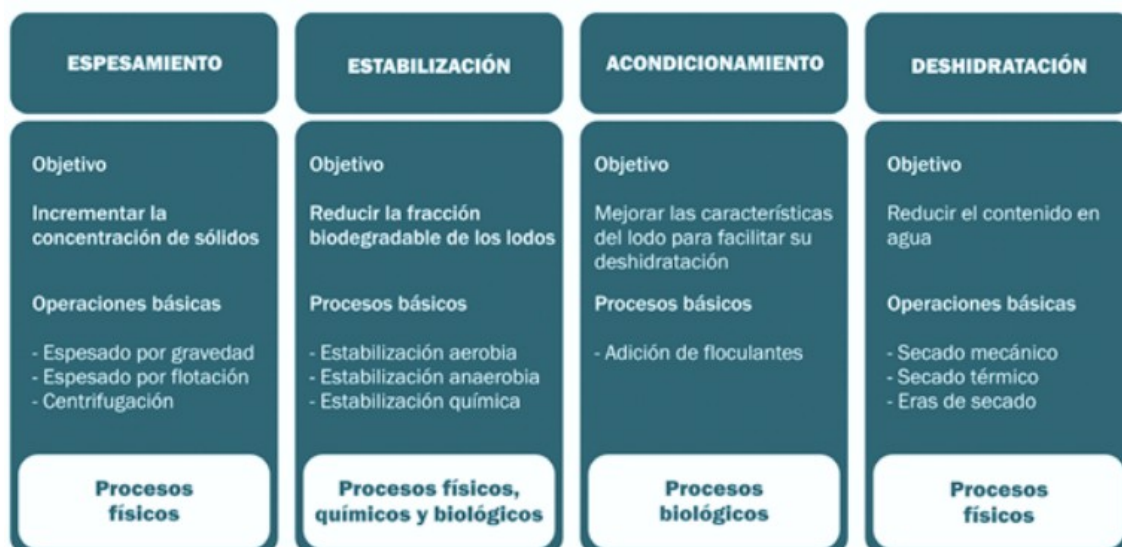


Ilustración XXX: Tratamientos en la línea de lodos.

Fuente: (Manual de Depuración de Aguas Residuales Urbanas).

En el presente proyecto nos centraremos en la línea de fangos, aunque destacaremos que en línea de agua tanto de las EDAR “El Torno”, como en la “La Barrosa”, las aguas son sometidas a un pretratamiento, a un tratamiento físico-químico, a una decantación primaria, la cual genera los lodos primarios, seguido de un tratamiento biológico para luego ser decantados en el decantador secundario y generando, los llamados lodos biológicos, así como un tratamiento para la eliminación de nitrógeno y fósforo (generando otro lodo terciario).

La suma de los lodos primarios y biológicos es lo que se tratará como fangos mixtos en la depuradora de “El Torno”, mientras que en la depuradora “La Barrosa”, tendremos lodos primarios, biológicos y Multiflo (éstos se generan en el tratamiento biológico BYOSTYR) . Estos lodos serán sometidos a un proceso de estabilización, que como se verá con detalle en este mismo apartado puede hacerse de formas distintas.

ESTACIÓN DE DEPURACIÓN “EL TORNO”

La digestión realizada actualmente en la depuradora de “El Torno” es una digestión anaerobia, este proceso, es un proceso biológico en el que se obtiene una oxidación de las materias biodegradables contenidas en los fangos así como de la masa celular. Se basa en el principio de que cuando no existe alimento externo disponible, los microorganismos metabolizan su propia masa celular, fenómeno que se conoce como respiración endógena.

Así los digestores aerobios funcionan según el principio de aireación prolongada, en la modalidad de respiración endógena. Se trata pues, de la aireación continua del fango, sin añadir más alimento que el propio fango, hasta conseguir una destrucción muy elevada de los sólidos en suspensión volátiles.

Mientras que la digestión anaeróbica de los fangos ha sido universalmente aceptada como el método más adecuado para obtener un producto final aséptico. La descomposición de la materia orgánica por las bacterias se realiza en ausencia de aire. El oxígeno necesario para su desarrollo lo obtienen del propio alimento. (*Hernández Lehmann, Manual de diseño de EDAR*).

Esta depuradora cuenta con:

- LINEA DE AGUA:
 - Pre-tratamiento: Rejas de gruesos, tamiz de finos, canal desarenador-desengrasador.
 - Decantación Primaria.
 - Tratamiento de desnitrificación y eliminación de fosforo.
 - Tratamiento biológico por fangos activos.
 - Decantación Secundaria.
 - Tratamiento terciario por filtración a través de filtros anillas.
 - Esterilización por UV.
- LINEA DE FANGOS:
 - Digestión anaerobia.
 - Espesador.
 - Deshidratación por filtros bandas.
- LINEA DE AIRE:
 - Sistema de desodorización de dos torres (ácida y alcalina-oxidante) para tratar el aire de pretratamiento, digestión, espesador, tolva y sala de deshidratación.

De forma más detallada cuenta con:

- Dos líneas de desbaste con un canal de dimensiones 0,60 m de ancho y 1,55 m de altura, y con un nivel de aguas de 1,30 m, con 10 barrotes por reja y un espaciado de 30mm entre barrotes.
- Una línea de desarenado de un volumen de 134 m³ de 12 m de alto, 4 m de ancho y 2,8 m de profundidad.
- Tres líneas de decantación primaria donde:
 - 2 líneas tienen 15 m de diámetro y 3,35 m de profundidad media.
 - 1 línea tiene 13,8 m de diámetro y 2,60 m de profundidad media.
- Tres líneas de decantación secundaria donde:
 - 2 líneas de 17,5 m de diámetro y 2,37 m de profundidad media.
 - 1 línea de 20 m de diámetro y 3,8 m de profundidad media.
- 2 cubas de fangos activos, dónde cada cuba tiene un volumen de 1503 m³. Las dimensiones de las cubas son 37m de largo, 12,5 m de ancho y 3,25 m de profundidad.

ESTACIÓN DE DEPURACIÓN “LA BARROSA”

Esta depuradora consta de:

- Tamiz en la llegada de las aguas a la depuradora (descarga de los residuos).
- Pozo de gruesos (separación de elementos y cuerpos muy gruesos).
- Elevación de agua bruta a través de bombas centrífugas sumergibles.
- Desbaste (reja de gruesos y tamices finos).
- Desarenado-desengrasado con aireación (eliminación de arenas y grasas, esto evita la formación de capas de grasa en los decantadores primarios y elimina la acción abrasiva de la arena).
- Extracción y separación de arenas.
- Extracción y separación de grasas flotantes.

Se puede afirmar que en los procesos de depuración de aguas residuales, las aguas se ven desprovistas de los sólidos en suspensión en dos etapas del proceso. En el tratamiento primario se produce, por fenómenos físicos, una separación de parte de los sólidos debidos a su densidad. En el tratamiento secundario, parte de la materia orgánica ha sido metabolizada y transformada en materia viva, pero la acción más importante es el efecto de floculación, que permite separar los flóculos de materia orgánica, materia viva y materia inorgánica en los decantadores secundarios.

La contaminación de las aguas queda contenida en los fangos extraídos de los decantadores primarios y secundarios. Por tanto, es preciso un tratamiento de los fangos, que denominaremos digestión, tanto para el aprovechamiento de los lodos como para su eliminación.

Dicho fango suele ser un líquido o líquido semisólido, con un contenido en sólidos, dependiendo de las operaciones y procesos de tratamiento, variable entre el 0.25 y el 12 %.

Algunas propiedades significativas de fango son:

- El fango está formado principalmente, por las sustancias responsables del carácter desagradable de las aguas residuales no tratadas.
- La fracción del fango a evacuar, generada en el tratamiento biológico del agua residual, está compuesta principalmente por la materia orgánica presente en aquella, aunque en forma diferente a la original, que también está sujeta a procesos de descomposición que la pueden hacer indeseable.
- Sólo una pequeña parte del fango está compuesta por materia sólida.

Para reducir o eliminar la humedad presente en el fango, se procede al espesamiento (concentración), acondicionamiento, deshidratación y secado del fango, mientras que la digestión, compostaje, incineración, oxidación con aire húmedo, se utilizan principalmente para tratar o estabilizar la materia orgánica contenida en el fango. En este mismo apartado realizaremos un estudio más exhaustivo de estos

procesos.

Se procede a describir algunas de las características del fango varían en función del origen de los mismos, en estas características influyen el origen de los sólidos, la edad del fango, el tipo de procesos al que han sido sometidos, etc.

Así pues, las características de algunos fangos son:

Fango primario

El fango de los tanques de decantación primaria es generalmente gris y grasiento y, en la mayoría de los casos produce un olor extremadamente molesto. Puede digerirse fácilmente si se adoptan condiciones adecuadas de funcionamiento.

Fango activado (exceso)

El fango activado tiene, generalmente, una apariencia floculenta de color marrón. Si el color es muy oscuro puede estar próximo a volverse séptico. Si el color es más claro de lo normal, puede haber estado aireado insuficientemente y los sólidos tienen tendencia a sedimentar lentamente. El fango en buenas condiciones tiene un característico olor a tierra que no es molesto. Tiende a convertirse en séptico con bastante rapidez y luego adquiere un olor bastante desagradable de putrefacción. Se digiere sólo o con fangos primarios frescos.

Fango digerido anaeróbicamente.

El fango digerido por vía anaerobia es de color marrón oscuro-negro y contiene una cantidad excepcionalmente grande de gas. Cuando está totalmente digerido, no es molesto, siendo su olor relativamente débil y parecido al alquitrán caliente, goma quemada o lacre.

Los lodos pueden ser tratados como un subproducto no deseado que sólo presenta problemas, o pueden ser reutilizados como abono o bien, como hemos comentado anteriormente, como producto del que se puede aprovechar su potencial energético.

Las características del fango que afectan a su aptitud para la aplicación al terreno y usos beneficiosos incluyen el contenido en materia orgánica, nutrientes, patógenos, metales y compuestos orgánicos tóxicos.

El valor del fango como fertilizante se basa principalmente en su contenido de nitrógeno, fósforo y potasio, y se debería determinar en aquellos casos en los que el fango se vaya a emplear como acondicionador de suelos.

Para reducir la humedad del fango, se procederá a la descripción de las diferentes unidades empleadas para ello:

ESPESAMIENTO DE FANGOS

El espesamiento de fangos puede ser definido como un proceso destinado a sacar una parte del agua remanente en el lodo, posterior a su separación inicial del agua residual, se trata de reducir el volumen requerido de los digestores.

ESPESADO POR GRAVEDAD

Antes de proceder a la eliminación o a la estabilización de los fangos que se han separado del agua residual, es conveniente, y frecuentemente rentable, proceder al espesamiento de los fangos purgados de los decantadores.

Se obtiene un doble resultado:

- Concentración de los fangos antes de su conducción a vertedero o la digestión. El volumen de fango a transportar o a tratar resulta así mucho menor, con el consiguiente ahorro de volumen en los digestores (menores caudales a tratar y bombear, depósitos más pequeños, menores pérdidas por radiación, aparatos menos costosos).
- Mezcla y homogeneización de los fangos procedentes de distintos decantadores, de gran interés en las plantas que tengan más de un decantador primario.

El espesado por gravedad se lleva a cabo en un tanque de diseño similar al de un tanque de sedimentación convencional. Normalmente, se emplean tanques circulares.

El fango diluido se conduce a una cámara de alimentación central, donde existe una campana deflectora, que tiene como misión repartir la corriente de agua de una manera uniforme en su fluir hacia la periferia del aparato. En este momento, y a la altura del nivel del agua en el aparato, comienza una forma de separación sólido-líquido.

El fango alimentado sedimenta y compacta, y el fango espesado se extrae por la parte inferior del tanque. Los mecanismos de recogida de fangos convencionales consisten en dispositivos dotados de rascadores profundos o piquetas verticales que remueven el fango lentamente, promoviendo la apertura de canales para proporcionar salida al agua y favoreciendo la densificación.

La función especial de estas rasquetas es concentrar los sólidos, y conducirlos a la parte central del fondo cónico del espesador, para su evacuación final.

El sobrenadante que se origina se retorna al decantador primario, a cabeza de planta o a fangos activos. El fango espesado que se recoge en el fondo del tanque se bombea a los digestores o equipos de deshidratación en función de las necesidades; por lo que, es necesario disponer de un determinado volumen de almacenamiento. (Hdez Muñoz)

La aplicación en la que es espesado por gravedad resulta más efectiva es en el tratamiento del fango primario.

Ford, (Ford, D.L) relaciona los siguientes parámetros que influyen en la velocidad o tasa de sedimentación del lodo:

- Concentración inicial de sólidos suspendidos.
- Constituyentes inorgánicos.
- Constituyentes orgánicos.
- Peso específico de las partículas y su sedimentabilidad.
- Deshidratabilidad.
- Cambios de pH (caso de lodos de tratamiento químico).
- Fracción de materiales inertes.
- Biodegradabilidad de la fracción orgánica.
- Mecanismo de agitación.
- Profundidad de la capa de lodo en el espesador.
- Temperatura.
- Índice volumétrico del lodo.

Para alcanzar el máximo de compactación, se sugiere un tiempo de compactación de 24 horas.

En general, se puede admitir que el proceso de sedimentación es acelerado cuando se ejecuta una agitación suave por medio de una reja de varillas o barras verticales animadas de un movimiento muy lento de rotación del eje del espesador.

Las varillas además de provocar un efecto levemente tembloroso en los flóculos del lodo (proporcionando oportunidad de nuevos arreglos más densos en la estructura de las partículas), también dejan detrás de sí unos canales o rayas con pocos sólidos, por donde el agua intersticial tiene mejor oportunidad de salir a la superficie, así como también eventuales burbujas de gas. (Fich, E.B).

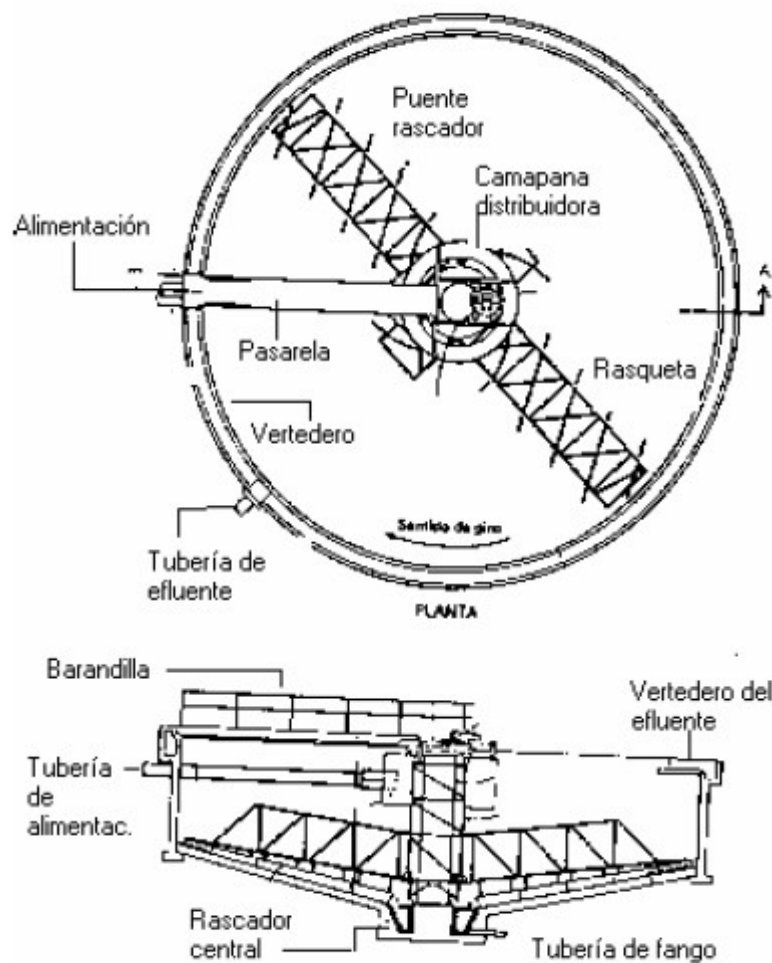


Ilustración XXXI: Espesador por gravedad.

Fuente: (Hdez Muñoz).

Ventajas del espesamiento

Pueden ser atribuidas las siguientes ventajas al espesamiento por gravedad (*Sludge Concentration. Ann Harbor*):

- Mejores condiciones técnicas y económicas en la operación de digestores por reducción del espacio necesario; la cantidad de calor necesaria para el calentamiento del digestor disminuye; se produce una menor cantidad de líquido sobrenadante; permite una mayor tasa de aplicación de sólidos por metro cúbico de capacidad; mejora la eficiencia de la acción de los microorganismos de la digestión.
- La reducción de volumen reduce los costos de bombeo de lodos y la disposición final sobre el terreno.
- Reduce el costo de los reactivos.
- Elimina el agua donde es más fácil, es decir, previo a digestión.
- Amortigua las fluctuaciones de flujo y concentración de lodo.

- Implica una reducción de costes generales de tratamiento, tal como el dimensionamiento de unidades, mano de obra o el coste energético.

Desventajas del espesamiento

No siempre en el espesamiento se presentan ventajas, algunos de los inconvenientes son (*Burd, R.S*):

- El coste de implantación es elevado.
- No es apropiado para pequeñas plantas de tratamiento (lo cual no es el caso del presente proyecto).
- Desarrollo de malos olores debido a la septicidad o anaerobiósisis que se instala cuando el tiempo de espesamiento es muy largo, principalmente durante la elevación de la temperatura.
- Implican uso de reactivos, que por lo general son de precio elevado.

ESPESADO POR FLOTACIÓN

La flotación es una operación unitaria que se emplea para la separación de partículas sólidas o líquidas de una fase líquida, concentrándose en la parte superior los sólidos.

La separación se consigue introduciendo finas burbujas de gas, normalmente aire, en la fase líquida. Las burbujas se adhieren a las partículas, y la fuerza ascensional que experimenta el conjunto partícula-burbuja de aire hace que suban hasta la superficie del líquido. De esta forma, es posible hacer ascender a la superficie partículas cuya densidad es mayor que la del líquido, además de favorecer la ascensión de las partículas cuya densidad es inferior.

La principal ventaja del proceso de flotación frente al de sedimentación consiste en que permite mejor y menores tiempo de eliminación de las partículas pequeñas y ligeras cuya descomposición es lenta.

Una vez las partículas se hallan en la superficie, pueden recogerse mediante un rascado superficial.

La aplicación en la que el espesado por flotación resulta más efectiva, es con los fangos en exceso procedentes de procesos de tratamiento de cultivo biológico en suspensión. La concentración de sólidos flotantes que se puede obtener en el proceso de espesado por flotación de fangos activos, depende, principalmente, de la relación aire-sólido, de las características del fango, de la carga de sólidos y de la aplicación de polímeros.

Posiblemente, la relación aire-sólidos es el factor que más afecta al rendimiento de los espesadores por flotación y se define como la relación en peso entre el aire disponible para la flotación y los sólidos presentes en la corriente a espesar.

La mayor o menor facilidad para que se produzca la flotación es función de los siguientes factores:

- **Afinidad del aire a la partícula.**

Para que se lleve a cabo la flotación de las partículas sólidas más densas que el agua, es preciso que la adhesión de las partículas a las burbujas de aire sea mayor que la tendencia que aquéllas tienen a establecer contacto con el agua. Por lo tanto, las partículas hidrófilas tendrán menos afinidad a las burbujas de aire que las partículas hidrófobas.

- **Densidad de la partícula.**

La flotación es más fácil en partículas con densidad muy próxima a la del agua. Cuanto mayor sea la densidad, mayor será la cantidad de aire que debe adherirse a ella para poder provocar la flotación.

- **Diámetro de la partícula.**

Cuanto mayor sea el diámetro es necesario más aire adherido a la partícula.

Por otra parte el tamaño de la burbuja de aire afecta de modo importante a la eficacia de la flotación, por diversos motivos:

- El rendimiento de la adherencia de las burbujas a las partículas es función del tiempo que dichas burbujas se mantienen en la suspensión y la oportunidad de contactos con dichas partículas. Por lo tanto, cuanto menor sea el diámetro de las burbujas, menor será la velocidad ascensional de las mismas y mayor tiempo de retención tendrán.
- Cuanto mayor es el tamaño de la burbuja mayor será la necesidad del caudal de aire a introducir para conseguir una equipartición en el tanque de flotación.
- El tamaño de las burbujas influye en la turbulencia en el tanque, produciendo mayor turbulencia a mayor tamaño, reduciendo la eficacia de flotación.

La solubilidad del aire en un líquido depende de la temperatura y la presión. Para una determinada temperatura la concentración de aire disuelto en el líquido varía con la presión según la ley de Henry, por lo cual la concentración de saturación del aire en el agua a una presión P viene dada por la ecuación:

$$C_p = P \cdot C_a$$

siendo la C_a la concentración de saturación a presión atmosférica.

La solubilidad del aire en el agua crece con la presión: a presión atmosférica y a 20°C se disuelve en el agua cerca de 17 ml/l; a la presión efectiva de 3 Kg/cm² se disuelve aproximadamente 68 ml/l. Es decir, que durante la descompresión de 3 para 0 Kg/cm² hay un desprendimiento de unos 50 ml/l de burbujas minúsculas, un promedio de 80 micras de diámetro, lo que daría teóricamente unas 2 millones de burbuja por mililitro.

Los sólidos de los lodos orgánicos se adhieren a las burbujas, que funcionan como flotante. El grado de adhesión depende de las propiedades de superficie de los sólidos. La adhesión de todas las burbujas liberadas es teóricamente posible pero no es alcanzada en la práctica. (*Ettelt, G.A*)

El porcentaje de concentración de aire en el líquido respecto de la saturación varía en función del sistema de presurización adoptado. El sistema que consigue una mayor saturación y estabilidad es el que se realiza inyectando aire en un balón de presurización.

La presurización puede conseguirse de dos formas:

- **Presurización directa total o parcial**

Se presuriza todo o parte del caudal de fangos.

- **Presurización indirecta.**

Se presuriza agua clarificada, ya sea del propio efluente del espesador o del agua clarificada en el decantador secundario.

La presurización directa es menos aconsejable que la indirecta debido a los riesgos de obstrucción en los equipos de presurización además de que la turbulencia generada en el balón de presurización al poner en contacto directo el aire a presión con los fangos puede destruir los flóculos. Es empleado normalmente en pequeñas instalaciones. (*Hdez Muñoz*)

La aplicación práctica de la flotación en las instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas se limita, en la actualidad, al uso del aire como agente responsable del fenómeno. Las burbujas se añaden, o se induce su formación, mediante uno de los siguientes métodos:

- **Flotación por aire disuelto (FAD)**

En los sistemas FAD, o de presurización, es el proceso más utilizado, el aire se disuelve en el agua residual a una presión de varias atmósferas, y a continuación se libera la presión hasta alcanzar la atmosférica.

En las instalaciones de pequeño tamaño, se puede presurizar a 275-230 Kpa mediante una bomba la totalidad del caudal a tratar, añadiéndose el aire comprimido en la tubería de aspiración de la bomba. El caudal se mantiene bajo presión en un calderín durante algunos minutos, para dar tiempo a que el aire se disuelva. A continuación, el líquido presurizado se alimenta al tanque de flotación a través de una válvula reductora de presión, lo cual provoca que el aire deje de estar en disolución y que se formen diminutas burbujas distribuidas por todo el volumen del líquido.

En las instalaciones de mayor tamaño, se recircula parte del efluente del proceso de FAD (entre el 15 y el 150 %), el cual se presuriza, y se semisatura con aire. El caudal recirculado se mezcla con la corriente principal sin presurizar antes de la entrada al tanque de flotación, lo que provoca que el aire deje de estar en disolución y entre en contacto con las partículas sólidas a la entrada del tanque.

- **Flotación por aireación**

En los sistemas de flotación por aireación, las burbujas de aire se introducen directamente en la fase líquida por medio de difusores o turbinas sumergidas. La instalación de tanques de aireación no suele estar recomendada para conseguir la flotación de las grasas, aceites y sólidos presentes en las aguas residuales normales.

- **Flotación por vacío**

La flotación por vacío consiste en saturar de aire el agua residual directamente en el tanque de aireación, o permitiendo que el aire penetre en el conducto de aspiración de una bomba.

Al aplicar un vacío parcial, el aire disuelto abandona la solución en forma de burbujas diminutas. Las burbujas y las partículas sólidas a las que se adhieren ascienden entonces a la superficie para formar una capa de espuma que se elimina mediante un mecanismo de rascado superficial.

La arena y demás sólidos pesados, que se depositan en el fondo, se transportan hacia un cuenco central de fangos para su extracción por bombeo.

En el presente proyecto, se opta por la primera opción, por la flotación por aire disuelto. Se procede con la descripción de los equipos fundamentales:

- **Bomba de presurización.**

Las bombas deben tener como característica principal la de uniformidad de presión dentro de rango amplio de caudales.

- **Depósito de presurización.**

Consta de un balón o depósito a presión donde se produce la disolución del aire

comprimido y del agua o fango a presurizar. El sistema de mezcla debe asegurar el contacto de la mayor superficie de fluido con el aire para conseguir la concentración del aire en el agua lo más próxima a la saturación.

- **Sistema de inyección de aire.**

Este sistema se regula mediante presostato en un rango apropiado a la presión deseada en el depósito de presurización.

- **Válvulas reductoras de la presión.**

El fluido presurizado se introduce en el tanque de flotación, y con objeto de formar las microburbujas sin crear turbulencias en el volumen de agua del tanque, es necesario crear una pérdida de carga en la corriente de agua presurizada. Esta rotura de carga se realiza mediante las válvulas adecuadas con el objetivo de que la presión del líquido presurizado que se introduce en el flotador sea constante e igual a la presión atmosférica más la presión de la columna de agua existente entre el punto de introducción y la superficie del líquido en el tanque.

- **Tanque de flotación.**

Este puede ser de forma rectangular o circular, siendo este último el más utilizado en estaciones depuradoras de aguas residuales, y el tipo de tanque por el que se optará. Un grupo de accionamiento compuesto por un motorreductor actúa sobre unas rasquetas. Las rasquetas superficiales, empujan los fangos hacia un canal o tolva de recogida de fangos, de longitud aproximada igual a la mitad del radio con una rampa de carga que engarza con el sistema de rasquetas superficiales. La profundidad debe ser ligeramente por debajo del nivel en el tanque para asegurar la recogida de la zona superior más concentrada del lecho de fangos.

La alimentación está constituida por una campana de reparto que tiene por objeto lograr un reparto homogéneo y una tranquilización de la mezcla.

Las rasquetas de fondo tienen la misión de recoger los fangos no flotables y conducirlos hacia una pequeña tolva central desde donde son extraídos periódicamente.

Los fangos espesados y los flotados se mezclan en una cámara provista de agitador para seguir la línea de tratamiento dispuesta.

El líquido clarificado se recoge por rebose en un vertedero perimetral. La toma se debe alejar del fondo de forma que no le afecte los fangos que puedan depositarse. Generalmente se efectúa a través de un tabique deflectoren forma de sifón. (*Hdez Muñoz*).

Los parámetros de diseño que se han tenido en cuenta a la hora de diseñar el espesador por flotación de la EDAR “El Torno” han sido:

- **Dosificación de polielectrolito.**

Esta dosificación debe ser considerada sobre todo por la adaptabilidad de la instalación a las variaciones de carga y cuando el índice volumétrico de fangos es elevado. En este mismo apartado se verá la adición de aditivos químicos.

- **Carga de sólidos.**

La carga de sólidos, definida como la relación entre la cantidad de sólidos y la superficie del flotador tiene una gran importancia en el funcionamiento de la unidad. Siendo los valores recomendados para el diseño:

Carga de sólidos ($m^3/m^2 \cdot h$): 75-100 $Kg/m^2 \cdot d$

- **Carga hidráulica.**

Cuando la carga hidráulica, es decir, la relación entre el caudal total introducido en el flotador y el área del mismo, es elevada, generalmente superior a 25 $m^3/m^2 \cdot día$ pueden originarse turbulencias que afectan a la capa de fangos flotantes haciéndola inestable. Por encima de este valor debe adicionarse polielectrolito. Siendo los valores recomendados para el diseño:

Carga de hidráulica: 3-5 $m^3/m^2 \cdot h$

- **Relación Aire/Fango.**

El parámetro fundamental en la flotación es el que relaciona el aire utilizado y los sólidos en la alimentación, la relación A/S. Este parámetro regula el rendimiento obtenido además de las siguientes variables:

- Concentración de materia en suspensión en el efluente.
- Velocidad ascensional de la materia flotante.

Siendo los valores recomendados para el diseño:

Relación A/S ($Kg Aire/Kg Fango$): 0,001-0,006.

- **Concentración del fango espesado.**

En el espesamiento de los fangos biológicos, los rendimientos de la flotación oscilan entre el 3 y el 4% de concentración del fango, con una recuperación elevada de los sólidos, del orden del 85%. Utilizando polielectrolito se puede llegar a concentraciones del 6% y recuperación de sólidos hasta el 95%.

- **Tiempo de retención.**

Los valores normalmente adoptados en este tipo de instalaciones oscilan entre 20 y 80 min. (Hdez Muñoz)

Un esquema de este tipo de tanques puede verse en la figura siguiente:

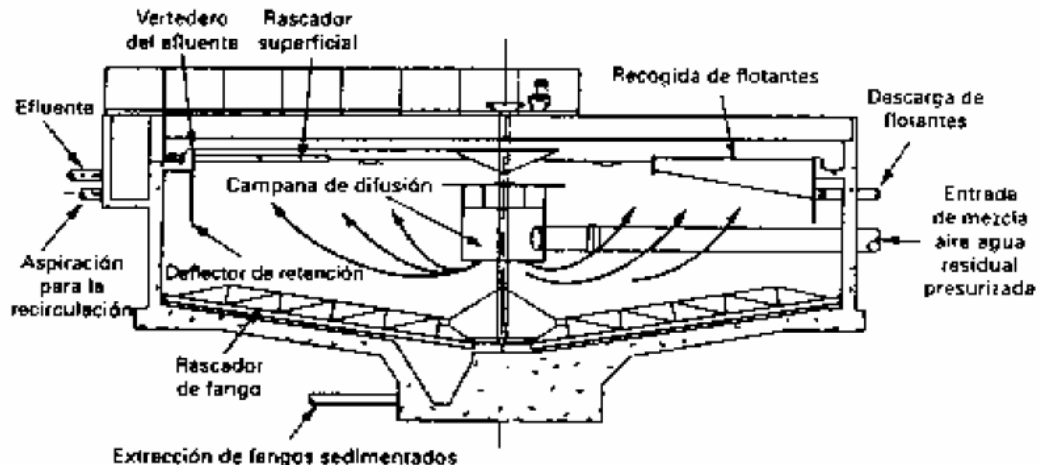


Ilustración XXXII: Espesador por flotación.

Fuente.(Hdez Muñoz).

Aditivos químicos

Normalmente se suele añadir determinados compuestos químicos para facilitar el proceso de flotación.

En su mayor parte, estos reactivos químicos funcionan de manera que crean una superficie o una estructura que permite absorber o atrapar fácilmente las burbujas de aire.

Los reactivos químicos inorgánicos, tales como las sales de hierro o de aluminio y la sílice activada, se emplean para agregar las partículas sólidas, de manera que se cree una estructura que facilite la absorción de las burbujas de aire. También se pueden emplear diversos polímeros orgánicos para modificar la naturaleza de las interfaces aire-líquido, sólido-líquido, o de ambas a la vez. Por lo general, estos compuestos actúan situándose en la interfase para producir los cambios deseados.

ESTABILIZACIÓN

Una vez el fango está espesado, se procede a su estabilización, ésta se lleva a cabo para:

- Reducir la presencia de patógenos.
- Eliminar los olores desagradables.

- Inhibir, reducir o eliminar su potencial de putrefacción.

Las tecnologías disponibles para la estabilización del fango son:

- Estabilización con cal
- Tratamiento térmico
- Compostaje
- Digestión aerobia
- Digestión anaerobia

Aunque en el presente proyecto se ha optado por la digestión anaerobia, y hemos tratado en apartados anteriores ésta en detalle y la comparativa con la digestión aerobia, a continuación, se detallan la estabilización con cal, el tratamiento térmico y el compostaje.

Estabilización con cal

En el proceso de estabilización con cal, se añade suficiente cal al fango para elevar su pH por encima de 12. Este valor elevado de pH crea un entorno que no favorece la supervivencia de los microorganismos. Mientras se mantenga este pH, el fango no se pudrirá, no creará olores y no provocará riesgos para la salud pública.

Se emplean dos métodos:

- Adición de cal al fango antes del proceso de deshidratación, práctica conocida con el nombre de “pretratamiento con cal”.
- Adición de cal al fango después del proceso de deshidratación, o “postratamiento con cal”.

Para la estabilización se puede emplear tanto la cal hidratada, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, como cal viva, CaO . En algunos casos, la cal se ha sustituido por cenizas volantes, polvo de hornos de cemento y carburo cálcico.

Tratamiento térmico

El tratamiento térmico es un proceso continuo en el que el fango se calienta en un depósito a presión a temperaturas de hasta 260 °C y a presiones de hasta 2.760 KN/m², durante un corto espacio de tiempo (aproximadamente 30 minutos).

El acondicionamiento térmico del fango permite que los sólidos sean aptos para la deshidratación sin necesidad de emplear reactivos químicos. Cuando se somete el fango a temperaturas y presiones elevadas, la actividad térmica libera el agua ligada a los sólidos, provocando la coagulación de los mismos. Además, se produce la hidrólisis de la materia proteica, lo cual provoca la destrucción celular y la liberación de compuestos orgánicos solubles y nitrógeno amoniacal.

Compostaje

El compostaje es un proceso en el que la materia orgánica sufre una degradación biológica hasta alcanzar un producto final estable.

El fango compostado adecuadamente es un material tipo humus, higiénico y libre de características desagradables. Aproximadamente el 20 o 30 % de los sólidos volátiles se convierten a dióxido de carbono y agua.

Conforme se produce la descomposición de la materia orgánica contenida en el fango, el compost se calienta hasta alcanzar temperaturas situadas en el intervalo de pasteurización (50 a 70 °C), lo cual permite la destrucción de organismos patógenos entéricos.

Un fango bien compostado se puede emplear como acondicionador de suelos en usos agrícolas y hortícolas, o ser enviado a vertedero, cumpliendo siempre las limitaciones aplicables a los constituyentes del fango.

A pesar de que el compostaje se puede llevar a cabo tanto bajo condiciones aerobias como anaerobias, en casi la totalidad de las aplicaciones de los fangos procedentes de aguas residuales urbanas se emplea el compostaje aerobio, ya que acelera la descomposición de la materia y da lugar a un mayor aumento de la temperatura, suficiente para la destrucción de patógenos, y también minimiza la producción de olores desagradables.

ACONDICIONAMIENTO

El acondicionamiento se realiza para facilitar la pérdida de agua de los fangos durante el secado mecánico, haciéndolo más rápido, eficaz, y rentable económicamente. Consiste, básicamente, en romper la estabilidad de las partículas que están en el fango, aumentando su tamaño artificialmente.

Un acondicionamiento adecuado del fango es la base para un correcto funcionamiento y un mejor rendimiento del sistema de deshidratación.

Fundamentalmente existen dos métodos:

- Acondicionamiento químico.
- Acondicionamiento térmico.

El acondicionamiento químico consiste en la adición de reactivos al fango de tal forma que se consiga la floculación de los sólidos y la expulsión de parte del agua retenida.

Los reactivos empleados son de dos tipos: minerales y orgánicos. Entre los primeros se encuentran el cloruro férrico (ClFe_3) y la cal (CaO), aunque también se suelen emplear sales ferrosas y varias sales de aluminio ; y entre los segundos los

polielectrolitos que pueden ser aniónicos o catiónicos.

Los reactivos de tipo mineral se adaptan mejor a los fangos que van a ser deshidratados en filtros prensa o de vacío; por su parte, los reactivos orgánicos lo hacen a los fangos que irán a centrífugas y filtros banda.

Los polielectrolitos orgánicos pueden ser aniónicos o catiónicos. Los primeros son eficaces para el acondicionamiento de fangos fuertemente minerales (materia volátil/materia seca = 30-35%). Los segundos, para los fangos con elevado contenido de materia orgánica (materia volátil/materia seca = 50-75%) y para los mediamente mineralizados (materia volátil/materia seca = 35-45%).

Los polielectrolitos se suministran en forma de polvo o líquido muy viscoso (15-30% de producto activo). Para asegurar una buena mezcla con el fango conviene inyectarlo en forma de solución acuosa muy diluida (0,05-0,1%). Lo que se hace es preparar disoluciones madres al 0,3-1% de producto, que se diluyen instantáneamente y de forma continua antes de su inyección en el fango. Esta inyección es realizada en la tubería de llegada del fango al sistema de deshidratación.

Para los productos en polvo, caso más frecuente, la preparación de la solución madre comprende, en primer lugar, una fase de mojado o dispersión del producto. Esta dispersión debe hacerse con sumo cuidado para evitar la formación de grumos que tardan mucho tiempo en disolverse. Una vez preparada la solución madre, debe dejarse madurar durante una o dos horas.

El acondicionamiento químico del fango genera un incremento de los sólidos del fango. En el caso de los reactivos minerales se puede llegar a un aumento del 25% de los sólidos. Los polielectrolitos generan un aumento muy inferior de sólidos, sin embargo son más caros que la cal o el cloruro férrico.

Para conseguir una buena floculación (aglomeración) del fango, es necesario garantizar unos tiempos de maduración de 15-30 minutos. Este tiempo se consume en la cámara de mezcla y el resto en la arqueta del filtro a vacío o en el depósito que precede al filtro prensa.

En general, el tiempo de floculación debe ser superior a 20 minutos. En la siguiente tabla se muestran las dosis habituales empleadas de los diferentes reactivos:

REACTIVOS	FANGO MIXTO FANGOS DE DIGESTIÓN ANAEROBIA	FANGO DE DIGESTIÓN AEROBIA	TIPOS DE DESHIDRATACIÓN POSTERIOR
ClFe ₃ CaO	3-8% 10-20%	8-15% 20-35%	F. Prensa o F. Vacío
Polielectrolito	0,2-0,5%	0,5-0,8%	Centrífuga o F. Banda

Tabla. Dosis habituales de varios reactivos empleados en el acondicionamiento químico del fango. Fuente. (*Ingeniería Sanitaria y Ambiental*).

El acondicionamiento térmico consiste en calentar el fango durante un tiempo breve bajo presión. Tiene mayor aplicación en fangos proveniente de un tratamiento biológico. (*Ingeniería Sanitaria y Ambiental*). Consiste en una cocción de los fangos a una temperatura de 160 a 210 °C.

La sequedad que se consigue en fangos acondicionados térmicamente son, generalmente, superiores a los que se consiguen cuando se emplean reactivos químicos. Además, se consigue una deshidratación del fango.

Los líquidos que se extraen de los fangos cocidos deshidratados están muy contaminados (2.000-5.000 ppm de DBO₅), lo que obliga a disponer de un depósito amortiguador de almacenamiento para poder inyectarlos a la entrada de la depuración biológica en las horas de menor contaminación.

En algunos casos, será preciso tratar los líquidos con un tratamiento biológico independiente.

El acondicionamiento térmico requiere importantes inversiones de instalación y elevados costes de mantenimiento. Esto hace que sea interesante, sobre todo, en grandes plantas, en las que existan una digestión anaerobia de los fangos. El gas producido en exceso en la digestión sirve para satisfacer gran parte de la demanda energética necesaria, y los digestores se utilizan como depósitos de almacenamiento. Esto permite mantener la cocción con un caudal continuo y estable de fangos.

DESHIDRATACIÓN DE LODOS

La eliminación de agua de los fangos se consigue en tres escalones. Espesado, deshidratación y secado. Para el agua libre e intersticial basta con el espesado de fangos. Para la separación del agua capilar y de adhesión es necesaria una deshidratación, donde se precisan fuerzas mecánicas (filtros banda) o fuerzas gravitatorias complementarias (centrífugas). El agua de adsorción, de constitución, secado precisa energías térmicas. (*Hdez Muñoz*).

En la siguiente figura se pueden observar las distintas formas en las que se presenta el agua en los fangos: libre, coloidal, intercelular y capilar. El agua libre puede separarse del fango por gravedad ya que no está asociada a los sólidos. Para eliminar el agua coloidal y capilar se necesita un acondicionamiento químico previo al empleo de medios mecánicos. Para eliminar el agua intercelular se debe romper la estructura que la contiene, esto se lleva a cabo mediante tratamiento térmico. (*Ingeniería Sanitaria y Ambiental*)

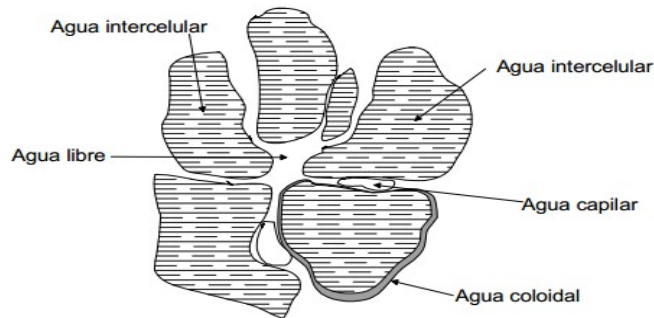


Ilustración XXXIII: Formas de agua en el fango.

Fuente. (*Ingeniería Sanitaria y Ambiental*)

Esta es una operación unitaria física utilizada para reducir el contenido de humedad del fango por alguna o varias de las siguientes razones:

- Los costes de transporte por camión hasta el lugar de su evacuación final son notablemente menores cuando se reduce el volumen por deshidratación.
- El fango deshidratado es, generalmente, más fácil de manipular que el fango líquido o espesado. En la mayoría de los casos, el fango deshidratado es susceptible de ser manipulado con tractores dotados de cucharas y palas y con cintas transportadoras.
- La deshidratación del fango suele ser necesaria antes de la incineración del fango para aumentar su poder calorífico por eliminación del exceso de humedad.
- La deshidratación es necesaria antes del compostaje para reducir la cantidad de material de enmienda o soporte.
- En algunos casos, puede ser necesario eliminar el exceso de humedad para evitar la generación de olores y que el fango sea putrescible.
- La deshidratación del fango suele ser necesaria antes de su evacuación a vertederos controlados para reducir la producción de lixiviados en la zona de vertedero.

La tabla siguiente muestra un resumen de las diferentes posibilidades, distinguiéndose los procesos naturales y los artificiales.

	PROCEDIMIENTO	BASE TEÓRICA	PROCESOS UNITARIOS
MEDIOS NATURALES	Espesado	Gravedad	Espesador continuo o discontinuo
	Deshidratación	Gravedad y Energía Solar	Eras de secado Lagunas de fangos
	Secado	Fuerzas térmicas	Eras de secado
MEDIOS ARTIFICIALES	Espesado	Gravedad	Espesador continuo o discontinuo
		Flotación	Espesador de flotación
	Deshidratación	Procedimientos estáticos y de presión	Filtro banda
		Generación de sobrepresión o de presión	Filtro de vacío. Filtro prensa
		Procedimientos dinámicos. Campos gravitatorios artificiales	Centrífugas
	Secado	Fuerzas térmicas	Secadores térmicos

Tabla. Sistemas de eliminación del agua de los fangos. Fuente: (Hdez Muñoz).

La elección de un sistema u otro dependerá del contenido en materia seca deseado en el fango final, teniendo en cuenta que en función del contenido en agua, las características del fango son distintas.

Se descarta el uso de las eras de secado ya que son muchas los inconvenientes de ésta, entre otras, la extracción de los fangos se hace de manera manual, empleándose muchas horas-hombre, la superficie también es otro de los inconvenientes, siendo mucho menor el espacio utilizado por medios mecánicos.

El uso de lagunas también queda descartado, para alcanzar un contenido en agua inferior al 80% se precisará un año. Normalmente, son construídas en grupos de tres, 1 año llenándose, 18 meses de secado y 6 meses de reserva. Con este ciclo se consiguen contenidos en agua inferiores al 65%, basando la desecación en la evaporación y la evapotranspiración.

Por tanto, queda analizar los medios mecánicos:

- Filtros de vacío.
- Filtros prensa.
- Filtros banda.
- Centrífugas.

En primer lugar analizaremos las centrífugas, éstas consisten esencialmente en un tambor cilíndrico-cónico que gira sobre un eje horizontal a gran velocidad. El fango a deshidratar se introduce en la cuba a través de la conexión de entrada por medio de la alimentación. En el interior del tambor, debido a la fuerza centrífuga producida por el giro de éste, la parte más pesada de la mezcla se deposita en el interior, donde es arrastrada a la salida de los sólidos por un tornillo helicoidal que gira a distinta velocidad que el tambor.

La parte cilíndrica del tambor está destinada a la sedimentación de las partículas sólidas, mientras que la parte cónica produce un escurrido progresivo de las mismas, hasta llegar a la salida exenta de líquido libre. El agua, al tener un peso específico distinto al de los sólidos, ocupa dentro del tambor una zona distinta, formando un anillo interior al formado por los sólidos.

El líquido que sale de la centrífuga se devuelve a los decantadores primarios, y la torta de fango pasa a un pozo de recogida o a una cinta transportadora para su evacuación.

El recorrido de las fases sólidas y líquida entre el tambor y el cuerpo de tornillo se realiza en contra corriente (la parte cilíndrica, el sólido y el líquido circulan en sentido en la parte cilíndrica).

Una gran parte de arenas en el fango aumenta la velocidad de desgaste de la centrífuga.

El caudal de alimentación, la profundidad del depósito del fango, la velocidad de giro de la centrífuga y otros factores determinan el estado de la torta descargada y la calidad del líquido centrifugado.

Las centrífugas se utilizan, tanto para espesar fangos como para deshidratarlos. La deshidratación por centrifugación implica la sedimentación de las partículas de fango bajo la influencia de fuerzas centrífugas. Los dos principales tipos de centrífugas empleadas actualmente para la deshidratación de fangos son la centrífuga de camisa maciza, y la centrífuga de cesta. Las centrífugas pueden operar de acuerdo con el principio de sedimentación, siendo la fase más densa la que se separa debido a la fuerza centrífuga, o de acuerdo con el principio de la filtración, como en una centrífuga de cesta donde la malla de la cesta retiene las partículas sólidas y la fuerza centrífuga causa que el líquido fluya a través de los sólidos en la cesta más rápidamente que en un filtro ordinario (*Procesos de separación. C. Judson King*).

En el presente proyecto optaremos por la instalación de centrífugas para el secado del fango. A continuación se detallan algunas de las ventajas y desventajas de este tipo de sistema.

Centrífuga de cesta (CARACTERÍSTICAS)

Centrífuga de camisa maciza

La centrífuga de camisa maciza consiste en una camisa maciza dispuesta horizontalmente, con un extremo de forma troncocónica. El fango se alimenta a la unidad de forma continua, y los sólidos se concentran en la periferia. Un tornillo helicoidal, que gira a una velocidad ligeramente distinta, desplaza el fango acumulado hacia el extremo tronco-cónico, donde se produce una concentración de sólidos adicional previamente a la descarga del fango.

Ventajas:

- Apariencia limpia, mínimos problemas de olores, posibilidad de arranque y parada rápidos.
- Facilidad de instalación.
- Produce una torta de fango relativamente seca.
- La relación coste / capacidad es baja.

Inconvenientes:

- El desgaste puede suponer un grave problema de mantenimiento.
- Precisa la eliminación de arenas y la instalación de un dilacerador en el conducto de alimentación del fango.
- Es necesario disponer de personal de mantenimiento cualificado.
- Contenido de sólidos suspendidos moderadamente elevado en el concentrado.

Otro medio mecánico son los filtros prensa, distinguiendo entre:

- Filtros prensa de placas de volumen fijo
- Filtros prensa de volumen variable

Filtros prensa

En algunos casos es necesario obtener una sequedad del fango deshidratado superior a la que es posible conseguir con los sistemas anteriormente descritos. Es el caso de los fangos que son incinerados o en los que el transporte de la torta resulta a un precio tan elevado que es importante una reducción máxima de su peso y volumen.

El filtro prensa es el único sistema que garantiza unas presiones efectivas muy elevadas, con las que se consiguen sequedades de torta máximas.

Un filtro prensa está constituido esencialmente por un conjunto de placas acalanadas, recubiertas de una tela filtrante, que en su posición vertical, se yuxtaponen y apoyan fuertemente unas contra otras por tornillos hidráulicos que están dispuestos en uno de los extremos de la batería.

El fango se bombea al filtro a través de unos orificios de comunicación, que se encuentran situados en el centro de cada placa, pasando a ocupar el espacio existente entre cada dos de ellas. Debido a la progresiva presión ejercida, parte del agua contenida en el fango lo abandona, transpasando la tela filtrante, y yendo a los orificios acanalados de la placa, donde son encauzados a los conductos de evacuación situados en los extremos de las mismas. Así, el espesor de la torta obtenida se corresponde con la parte hueca central que queda entre las dos placas.

En un filtro prensa, la deshidratación se lleva a cabo forzando la evacuación del agua presente en el fango por la aplicación de una presión elevada.

- **Filtros prensa de placas de volumen fijo**

Este tipo de filtros consiste en una serie de placas rectangulares, que se colocan enfrentadas entre sí en posición vertical sobre un bastidor con un extremo fijo y otro móvil.

Sobre cada una de las placas se ajusta o cuelga una tela filtrante. Las placas se mantienen juntas con fuerza suficiente para que se adhieran herméticamente y puedan, así, resistir la presión aplicada durante el proceso de filtración. Para que las placas se mantengan unidas, se emplean prensas hidráulicas o tornillos accionados mecánicamente.

Durante el funcionamiento, el fango acondicionado químicamente se bombea al espacio existente entre las placas, y se aplica una presión variable entre 690 y 1.550 KN/m², forzando al líquido a pasar a través de la tela filtrante y de los orificios de salida de las placas. Seguidamente, se separan las placas y se extrae la torta de fango.

- **Filtros prensa de volumen variable**

Este tipo es similar al de volumen fijo, excepto por el hecho de que detrás del medio filtrante se sitúa una membrana de goma. La membrana se expande para conseguir la compresión final, reduciendo, de esta forma, el volumen de fango durante la fase de compresión.

Ventajas de los filtros prensa:

- Altas concentraciones de sólidos en la torta.
- Obtención de un filtrado muy clarificado.
- Elevadas capturas de sólidos.

Inconvenientes:

- Funcionamiento discontinuo.
- Elevado coste de los equipos.
- Elevado coste de la mano de obra.

- Necesidad de una estructura de soporte especial.
- Los equipos ocupan una gran superficie.
- Es necesario disponer de personal de mantenimiento cualificado.
- Los sólidos adicionales generados por la gran cantidad de productos químicos añadidos precisan ser evacuados.

Filtros banda

Este sistema está basado en la buena drenalidad del fango previamente acondicionado con polielectrolito. El fango floculado tiene una gran capacidad de escurrir muy rápidamente por simple drenaje, cuando se coloca sobre un tamiz o tela de abertura de malla relativamente grande.

Un filtro banda es un sistema mecánico de deshidratación que permite al fango floculado un drenaje libre y un posterior prensado progresivo.

El fango floculado tiene una estructura relativamente frágil y, por ello, la suspensión debe ser manipulada con sumo cuidado para evitar la formación de finos por ruptura de los mismos, lo que obstaculizaría el drenaje por atascamiento de la banda o conduciría a pérdidas de sólidos que pasarían a través de la tela.

Los filtros banda son dispositivos de deshidratación de fangos de alimentación continua que incluyen el acondicionamiento químico, drenaje por gravedad, y aplicación mecánica de presión para deshidratar el fango. Han resultado ser efectivos para casi todos los tipos de fangos residuales urbanos. Con estos dispositivos son los que actualmente cuentan las depuradoras de Chiclana de la Frontera.

El fango acondicionado es introducido, en primer lugar, en una zona de drenaje por gravedad donde se produce su espesado. En esta fase, la mayor parte del agua libre se elimina por gravedad. La fase de drenaje tiene una importancia esencial, ya que permite conferir al fango una cohesión o resistencia suficiente para la fase siguiente de expulsión del agua por prensado progresivo.

En esta primera fase, el fango se vierte sobre una banda portadora, durante su recorrido deja salir parte del contenido inicial del agua. De esta forma llega a una zona de cuña formada por la banda portadora y una segunda banda donde, bajo una presión ascendente, los fangos se deshidratan hasta obtener una consistencia adecuada para su posterior tratamiento en las siguientes zonas de filtración.

A continuación del drenaje por gravedad, el fango pasa a una zona de baja presión donde es comprimido entre dos telas porosas opuestas. En algunas unidades, esta zona de aplicación de presión baja va seguida de otra de alta presión, en la que el fango se somete a esfuerzos tangenciales a medida que las bandas pasan a través de una serie de rodillos.

Estos esfuerzos de prensado y tangenciales favorecen la liberación de cantidades adicionales de agua contenida en el fango.

Durante la fase de prensado, las bandas filtrantes con la torta situada entre ellas, son guiadas a través de unos tornillos de prensado que simultáneamente producen un efecto de cizalladura, consiguiéndose la deshidratación de la torta hasta su mayor contenido en materia seca. La presión ejercida entre las bandas depende del tensado de las mismas que se fija en la puesta en marcha, mediante un dispositivo adecuado, y tampoco debe ser variado posteriormente.

La torta de fango deshidratado se separa de las bandas mediante rascadores.

La velocidad de avance imprimida a las bandas depende de la drenabilidad de la suspensión floculada para una zona de drenaje dada. Por tanto el mejor ajuste de la máquina debe encontrarse por medio de ensayos.

La presión de deshidratación se consigue principalmente por la presión de las telas de filtración, que se obtiene mediante cilindros neumáticos o hidráulicos que actúan sobre unos rodillos móviles.

Un sistema de filtros banda típico está formado por bombas de alimentación, equipos de dosificación de polímero, una cámara de acondicionamiento del fango (floculador), un filtro banda, una cinta transportadora de la torta de fango equipos complementarios (bomba de alimentación del fango, bombas de agua de lavado y compresor de aire). Algunas unidades no utilizan cámara de acondicionamiento.

Las variables que afectan el rendimiento de los filtros banda son:

- Las características del fango.
- Método y tipo de acondicionamiento químico.
- Las presiones aplicadas.
- La estructura de la máquina (incluido el drenaje por gravedad).
- Porosidad.
- Velocidad de las bandas.
- Anchura de las bandas.

A partir de la experiencia obtenida con la operación de filtros banda, se ha podido comprobar que el incremento de la concentración de sólidos en el fango de alimentación favorece la obtención de mayores sequedades y mayor producción de torta.

En el mercado se dispone de filtros banda de diferentes dimensiones, con anchuras de banda variables entre 0,5 y 3,5 m. Las bandas de 2 m de ancho son las más usuales empleadas para el tratamiento de fangos de aguas residuales urbanas.

Las cargas de aplicación de fango varían entre 90 y 680 Kg/m²·h, dependiendo del tipo de fango y de la concentración del fango alimentado. La extracción de agua, basada en la anchura de la banda, varía entre 1,6 y 6,3 l/m²·s.

Las medidas de seguridad que hay que contemplar en el diseño incluyen una ventilación adecuada para la eliminación del sulfuro de hidrógeno u otros gases, y la

provisión de protecciones para evitar la posibilidad de que las telas se enganchen entre los rodillos.

Ventajas:

- Bajos costes energéticos.
- Costes de inversión y mantenimiento relativamente bajos.
- Mecánica menos compleja y facilidad de mantenimiento.
- Las máquinas de alta presión permiten producir una torta muy seca.
- La parada del sistema requiere un esfuerzo mínimo.

Inconvenientes:

- Limitación en la producción hidráulica.
- Muy sensible a las características del fango alimentado.
- La vida útil del medio es corta comparada con la de otros dispositivos que emplean medios de telas.

Filtros de vacío

Es un sistema mecánico de deshidratación de fangos que hoy en día ha sido desplazado por otros sistemas más sencillos de mantenimiento y de menor coste energético.

Consiste fundamentalmente en un cilindro rotatorio, sobre el que descansa el medio filtrante. El cilindro va sumergido parcialmente en un tanque en el que se encuentra el fango a deshidratar que ha sido acondicionado previamente. El tambor gira a una velocidad del orden de 10-30 revoluciones por hora. Las diversas celdas en que se encuentra dividida su superficie exterior, van recubiertas por una tela filtrante constituida, normalmente, por fibras sintéticas.

El vacío aplicado al filtro varía entre 300-600 mm de Hg y viene creado por una bomba completamente exterior. El vacío llega a las celdas a través de un cabezal de control o válvula automática y las tuberías de filtrado consiguientes. Este vacío provoca la absorción del líquido a través de la tela filtrante, en tanto que los sólidos en suspensión se depositan sobre ella en una capa uniforme. A medida que el tambor avanza, las celdas van pasando por unas fases de filtración, secado, descarga de la torta y lavado de la tela.

Gracias al cabezal de control, se produce una presión diferencial entre los diversos sectores, dependiendo en cada uno de ellos de la fase en que se encuentren. El líquido filtrado circula por los tubos de filtrado hacia la válvula automática y de ésta pasa a un separador de filtrado auxiliar, de donde por medio de una bomba se reenvía normalmente a cabecera del tratamiento de agua.

La tela filtrante requiere un lavado a alta presión después de 12 ó 24 horas de servicio y, en algunos casos, un baño de ácido después de 1000 ó 5000 horas de

funcionamiento. Su duración varía de 200 a 20.000 horas.

8. EQUIPOS PRINCIPALES EN LA LÍNEA DE TRATAMIENTO DE FANGOS

Toda la línea de fango se construirá en una nueva parcela contigua a la actual EDAR de 5.034m². Esta línea de fango estará compuesta por:

- Dos espesadores de fangos por gravedad de X m de diámetro.
- Un espesador de fangos por flotación
- Dos digestores anaerobios.
- Un depósito de almacenamiento de fangos.
- Un edificio con los equipos de la línea de gas y secado de fangos.

Esta línea de fangos irá correctamente desodorizada. Esta nueva configuración concentrada de la línea de fangos en la parcela anexa, hace mucho más eficiente su gestión.

8.1. ESPESADOR POR GRAVEDAD E.D.A.R “EL TORNO”

Para el diseño del espesado por gravedad de los fangos primarios de la EDAR “El Torno” se ha optado por 2 espesadores por gravedad con las siguientes características:

- Diámetro unitario de 12 m
- Volumen unitario de 678,58 m³
- Área de 226,19 m²
- Altura de 3 m

Los cálculos del mismo se encuentran en el Anexo III.

8.2. ESPESADOR POR GRAVEDAD E.D.A.R “LA BARROSA”

Para el diseño del espesador por gravedad de los fangos primarios, fangos en exceso y Multiflo, es decir, para espesar los fangos mixtos de la EDAR “La Barrosa”, se ha optado por 2 espesadores con las siguientes características:

- Diámetro unitario de 16 m
- Volumen unitario de 603,18 m³
- Área de 201,06 m²
- Altura de 3 m

Los cálculos del mismo se encuentran en el Anexo III.

8.3. ESPESADOR POR FLOTACIÓN E.D.A.R “EL TORNO”

Para el diseño del espesador por flotación de los fangos biológicos, procedentes del decantador secundario de la EDAR “El Torno”, será empleado 1 espesador por flotación con las siguientes características:

- Diámetro unitario de 8 m
- Volumen unitario de 150,81 m³
- Área de 50,27 m²
- Altura de 3 m

Los cálculos del mismo se encuentran en el Anexo III.

Para conseguir el aire a presión necesario para que se produzcan las burbujas finas, y por lo tanto, se produzca la flotación, se dispondrá de un calderín de presurización de un volumen de 1,92 m³ y una presión de trabajo de 4,5 Kg/cm² de altura 1,7 m.

8.4. DIGESTORES ANAEROBIOS E.D.A.R “ EL TORNO”

Para la digestión de los fangos, se utilizará un sistema de digestión que consta: de 1 unidad de digestión primaria y 1 unidad de digestión secundaria.

El digestor primario presenta:

1. Volumen de 2.696,85 m³.
 - Diámetro de 20 m
 - Altura de 8.92 m.

El digestor secundario tiene:

- Volumen de 1438,32 m³
- Diámetro de 16 m
- Altura de 7,49 m

8.5 DESHIDRATACIÓN DE FANGOS

Para la deshidratación de los fangos se usarán centrífugas (características del equipo y capacidad).

9. MATERIAS PRIMAS

9.1 AGUA RESIDUAL

El agua residual es el objeto de depuración, ésta tiene propiedades químicas, físicas y biológicas que se ven alteradas durante el proceso de depuración.

Entre las propiedades físicas, cabe destacar el olor, color, temperatura, conductividad y la presencia de sólidos.

- El olor de las aguas residuales es debido a la descomposición de la materia orgánica, el olor del agua séptica es debido a la presencia de sulfuro de hidrógeno, producido por microorganismos anaerobios y la reducción que éstos hacen de sulfatos a sulfitos.
- El color de las aguas residuales es grisáceo, adquiriendo un color negro a medida que pasa el tiempo y se desarrollan condiciones más próximas a las anaerobias.
- La temperatura del agua residual suele ser más elevada que la del agua de suministro, dependiendo del área geográfica, la temperatura del fango varía entre 10 y 21°C.
- La conductividad del agua residual, suele tener 1.000-2.000 micros/cm.
- Los sólidos pueden ser:- totales, en suspensión, disueltos, etc.

Las propiedades biológicas:

- Los microorganismos presentes, son principalmente bacterias (estreptococos fecales, coniformes totales y fecales), protozoos, hongos, algas, virus, plantas y animales.
- Los organismos patógenos procedentes de desechos infectados o portadores de alguna enfermedad.

Las propiedades químicas:

- La materia orgánica presente en el agua residual son principalmente las proteínas, grasas, hidratos de carbono y aceites.
- Componentes inorgánicos como son el pH, el oxígeno disuelto y nutrientes como son el fósforo y el nitrógeno.

9.2 REACTIVOS

Aditivos químicos

Normalmente se suele añadir determinados compuestos químicos para facilitar el proceso de flotación.

En su mayor parte, estos reactivos químicos funcionan de manera que crean una superficie o una estructura que permite absorber o atrapar fácilmente las burbujas de aire.

Los reactivos químicos inorgánicos, tales como las sales de hierro o de aluminio y la sílice activada, se emplean para agregar las partículas sólidas, de manera que se cree una estructura que facilite la absorción de las burbujas de aire.

También se pueden emplear diversos polímeros orgánicos para modificar la naturaleza de las interfases aire-líquido, sólido-líquido, o de ambas a la vez. Por lo general, estos compuestos actúan situándose en la interfase para producir los cambios deseados.

Cal

En el proceso de estabilización con cal para el espesador por gravedad, se añade suficiente cal al fango para elevar su pH por encima de 12. Este valor elevado de pH crea un entorno que no favorece la supervivencia de los microorganismos. Mientras se mantenga este pH, el fango no se pudrirá, no creará olores y no provocará riesgos para la salud pública.

Se emplean dos métodos:

- Adición de cal al fango antes del proceso de deshidratación, práctica conocida con el nombre de “pretratamiento con cal”.
- Adición de cal al fango después del proceso de deshidratación, o “postratamiento con cal”.

Para la estabilización se puede emplear tanto la cal hidratada, Ca(OH)_2 , como cal viva, CaO . En algunos casos, la cal se ha sustituido por cenizas volantes, polvo de hornos de cemento y carburo cálcico.

10. PRODUCTOS GENERADOS

10.1 FANGO PROCEDENTE DE LOS DIGESTORES

El fango obtenido tras la digestión en los digestores anaerobios, se proceden a su deshidratación mediante centrífugas.

Posteriormente, los fangos deshidratados son almacenados en silos, donde son retirados mediante camiones por una subcontrata, para su posterior aprovechamiento en estaciones de compostaje.

El hecho de que estos fangos vayan a compostaje, recae en diferentes motivos:

- En la digestión anaeróbica se consigue reducir sustancialmente el volumen de fangos.
- Se produce una estabilización de los fangos, con su consiguiente mejora.
- Se sigue teniendo materia orgánica en el producto final, pudiéndose utilizar para la generación de compost.
- Según el PNIR 2008-2015 (“Plan Nacional Integrado de Residuos 2.008-2.015”), habría que intentar minimizar la deposición de los residuos con materia orgánica a vertedero.

10.2 BIOGÁS GENERADO EN LA DIGESTIÓN

La EDAR será una planta de digestión anaerobia en única y doble etapa dependiendo de la época del año en la que operemos. Como consecuencia de esta digestión anaerobia se producirá biogás rico en metano y dióxido de carbono.

Como anteriormente se ha comentado, este biogás es susceptible de ser utilizado en la propia planta con un módulo de cogeneración (generando electricidad y calor), ser comercializado o utilizado como está previsto para futuros proyectos.

La composición del biogás generado y que se almacenará en el gasómetro de 1700 m³ de capacidad.

El biogás generado en este proceso de digestión, que será de 4.861,46 m³/d en la EDAR “El Torno”, será destinado inicialmente a la espera de futuros proyectos, como combustible de una flota de vehículos.

11. MANTENIMIENTO

Por mantenimiento se entiende el conjunto de acciones oportunas, continuas y permanentes dirigidas a prever y asegurar el funcionamiento normal, la eficiencia y la buena apariencia de sistemas, edificios, equipos y accesorios, así como, éstos se encuentren en óptimas condiciones de seguridad.

El objetivo principal de una estación de depuración de aguas residuales es conseguir unos rendimientos en el tratamiento de las mismas que sean acordes con la legislación vigente y a unos costes económicos, sociales y medioambientales mínimos.

La consecución de este objetivo dependerá de la correcta realización de las tres actividades complementarias entre sí:

- Mantenimiento y conservación de equipos e instalaciones, tanto de obra civil, electromecánicas y de servicios complementarios.
- Explotación de equipos e instalaciones para alcanzar los objetivos previstos, y seguimiento del proceso y rendimiento de cada fase, referidos a las líneas de agua, fango y gas.
- Control y seguimiento de la marcha técnica, económica, administrativa, y del resto de los aspectos generales de la planta.

El mantenimiento está destinado a:

- Optimizar la producción del sistema
- Reducir los costes por averías
- Disminuir el gasto por nuevos equipos
- Maximizar la vida útil de los equipos
- Evitar consumos exagerados
- Suprimir las causas de accidentes
- Asegurar el buen estado de los servicios generales de agua, electricidad, etc.

Para realizar los programas de control y seguimiento de la planta y sus equipos electro-mecánicos, debemos disponer de personal técnico cualificado y de los libros, fichas o manuales de operación y mantenimiento de la planta, éstas pueden ser:

- Ficha de mantenimiento preventivo.
- Ficha de resolución de averías.
- Ficha histórica del equipo, con sus datos importantes y programa de operaciones de mantenimiento.

El mantenimiento se puede dividir en tres bloques:

1) Resolución de averías

Debido a problemas puntuales o accidentales, pueden surgir disfunciones en el funcionamiento de las diferentes unidades o equipos, por lo que es indispensable tener un equipo organizado.

No obstante, un buen funcionamiento preventivo puede reducir y minimizar el carácter aleatorio de la presentación de éstas averías y/o roturas.

2) Mantenimiento preventivo

Mediante este sistema algo complejo, que requiere de un procedimiento de calidad, administrativo y de control, se pretende acotar el riesgo de presencia de averías. A tal fin se prevé de manera planificada o programada, la problemática del deficiente funcionamiento de los equipos y elementos, tanto mecánicos como de obra.

Algunas de las acciones llevadas a cabo de forma preventiva son:

- Engrases y cambios de aceite. Consiste en la realización de un manual de engrases y un seguimiento de las acciones mediante fichas de control.
- Plan de mantenimiento. Consiste en la realización de una programación anual, en la que se determina la frecuencia para acometer las diferentes revisiones a cada uno de los equipos que constituyen la depuradora.

3) Mantenimiento correctivo

Cuando es necesario realizar actividades de corrección, rediseño o de mejora de los equipos o instalaciones existentes, básicamente con la finalidad de optimizar su funcionamiento, mejorando sus prestaciones y vida útil, evitando así la sistemática repetición de averías.

Mediante este tipo de mantenimiento, garantizamos una mayor vida de los equipos, obteniendo así una mayor duración, nivel de servicio y flexibilidad, provocando, una disminución en los costes de la instalación.

12. SEGURIDAD E HIGIENE

En este estudio de Seguridad e Higiene establecerá, durante la construcción de esta obra, las previsiones respecto a la prevención de riesgos de accidentes y enfermedades profesionales, así como los derivados de los trabajos de reparación, conservación, entretenimientos y mantenimiento, y las instalaciones perceptivas de salud y bienestar de los trabajadores.

Las obras del presente proyecto incluyen movimiento de tierras, tanto en explanaciones como en zanjas, construcción de viales, aceras, drenaje, ajardinamiento, canalizaciones para la red eléctrica y de alumbrado, edificios para el alojamiento de edificios y control, estructuras de hormigón armado. Se incluyen también, el montaje de diversos equipos de instalaciones.

En el Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. BOE nº 97 23-04-1997.

La Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo, en el marco de una política coherente, coordinada y eficaz.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha Ley serán las normas reglamentarias las que fijarán y concretarán los aspectos más técnicos de las medidas preventivas, a través de normas mínimas que garanticen la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran necesariamente las destinadas a garantizar la seguridad y la salud en los lugares de trabajo, de manera que de su utilización no se deriven riesgos para los trabajadores.

Debe recordarse que España ha ratificado diversos Convenios de la Organización Internacional del Trabajo que guardan relación con la seguridad y la salud en los lugares de trabajo y que forman parte de nuestro ordenamiento jurídico interno. En concreto, con carácter general, el Convenio número 155 de la OIT, relativo a la seguridad y salud de los trabajadores, de 22 de junio de 1981, ratificado por España el 26 de julio de 1985, y en particular, el Convenio número 148 de la OIT, relativo al medio ambiente de trabajo, de 20 de junio de 1977, ratificado por nuestro país el 24 de noviembre de 1980.

En el mismo sentido hay que tener en cuenta que en el ámbito de la Unión Europea se han fijado, mediante las correspondientes Directivas, criterios de carácter general sobre las acciones en materia de seguridad y salud en los lugares de trabajo, así como criterios específicos referidos a medidas de protección contra accidentes y situaciones de riesgo.

Concretamente, la Directiva 89/654/CEE, de 30 de noviembre de 1989, establece las disposiciones mínimas de seguridad y de salud en los lugares de trabajo. Mediante el presente Real Decreto se procede a la transposición al Derecho español del contenido de la citada Directiva.

Buena parte de las materias reguladas en este Real Decreto, condiciones constructivas de los lugares de trabajo, iluminación, servicios higiénicos y locales de descanso, etc., han estado reguladas hasta el momento presente por la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, aprobada mediante Orden de 9 de marzo de 1971. Cuando se cumplen veinticinco años de su entrada en vigor, unas veces los compromisos internacionales adquiridos por España, otras la evolución del progreso técnico y de los conocimientos relativos a los lugares de trabajo, aconsejan la definitiva derogación de algunos capítulos del Título II de la Ordenanza que la Disposición derogatoria única de la Ley 31/1995 ha mantenido vigentes hasta ahora en lo que no se oponga a lo previsto en la misma, y su sustitución por una regulación acorde con el nuevo marco legal y con la realidad actual de las relaciones laborales, a la vez que compatible, respetuosa y rigurosa con la consecución del objetivo de la seguridad y la salud de los trabajadores en los lugares de trabajo.

A continuación se procede a citar algunos de los artículos, así como, la referencia correspondiente a sus anexos:

Obligación general del empresario

El empresario deberá adoptar las medidas necesarias para que la utilización de los lugares de trabajo no origine riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores o, si ello no fuera posible, para que tales riesgos se reduzcan al mínimo. En cualquier caso, los lugares de trabajo deberán cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el presente Real Decreto en cuanto a sus condiciones constructivas, orden, limpieza y mantenimiento, señalización, instalaciones de servicio o protección, condiciones ambientales, iluminación, servicios higiénicos y locales de descanso, y material y locales de primeros auxilios.

Condiciones constructivas

El diseño y las características constructivas de los lugares de trabajo deberán ofrecer seguridad frente a los riesgos de resbalones o caídas, choques o golpes contra objetos y derrumbamientos o caídas de materiales sobre los trabajadores.

El diseño y las características constructivas de los lugares de trabajo deberán también facilitar el control de las situaciones de emergencia, en especial en caso de incendio, y posibilitar, cuando sea necesario, la rápida y segura evacuación de los trabajadores.

Orden, limpieza y mantenimiento. Señalización

El orden, la limpieza y el mantenimiento de los lugares de trabajo deberá ajustarse a lo dispuesto en el Anexo II.

Igualmente, la señalización de los lugares de trabajo deberá cumplir lo dispuesto en el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril.

Instalaciones de servicio y protección

Las instalaciones de servicio y protección de los lugares de trabajo a las que se refiere el apartado 2 del artículo 2 deberán cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el presente Real Decreto, así como las que se deriven de las reglamentaciones específicas de seguridad que resulten de aplicación.

Condiciones ambientales

La exposición a las condiciones ambientales de los lugares de trabajo no deberá suponer un riesgo para la seguridad y salud de los trabajadores. A tal fin, dichas condiciones ambientales y, en particular, las condiciones termohigrométricas de los lugares de trabajo deberán ajustarse a lo establecido en el Anexo III.

La exposición a los agentes físicos, químicos y biológicos del ambiente de trabajo se regirá por lo dispuesto en su normativa específica.

Iluminación

La iluminación de los lugares de trabajo deberá permitir que los trabajadores dispongan de condiciones de visibilidad adecuadas para poder circular por los mismos y desarrollar en ellos sus actividades sin riesgo para su seguridad y salud.

La iluminación de los lugares de trabajo deberá cumplir, en particular, las disposiciones del Anexo IV.

Servicios higiénicos y locales de descanso

Los lugares de trabajo deberán cumplir las disposiciones del Anexo V en cuanto a servicios higiénicos y locales de descanso.

Material y locales de primeros auxilios

Los lugares de trabajo dispondrán del material y, en su caso, de los locales necesarios para la prestación de primeros auxilios a los trabajadores accidentados, ajustándose a lo establecido en el Anexo VI.

Información a los trabajadores

De conformidad con el artículo 18 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales,

el empresario deberá garantizar que los trabajadores y los representantes de los trabajadores reciban una información adecuada sobre las medidas de prevención y protección que hayan de adoptarse en aplicación del presente Real Decreto.

Consulta y participación de los trabajadores

La consulta y participación de los trabajadores o sus representantes sobre las cuestiones a que se refiere este Real Decreto se realizarán de acuerdo con lo dispuesto en el apartado 2 del artículo 18 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales. (*Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo*).

A la hora de proyectar la EDAR se debe tener en cuenta las normas de seguridad e higiene en lo referente a equipos de seguridad general y personal, accesos, ventilación, etc.

Como objetivo tenemos llevar a cabo una supervisión, y que la futura explotación tenga el menor coste posible. Teniendo en cuenta que las protecciones anticorrosivas sean suficientes para el alto grado de corrosividad presente en la EDAR, que se proyecten instalaciones que nos permitan un ahorro de energía eléctrica (condensadores, variadores de velocidad de motores...), equipos electromecánicos de calidad...

Técnicas de prevención de riesgos laborales

Las estaciones de depuración de aguas residuales deben adecuarse a una normativa de prevención de riesgos laborales para evitar accidentes y/o enfermedades.

Existen dos formas de actuación para la protección de la salud: la prevención de la enfermedad y la curación o restauración de la salud. De éstas la prevención es la forma ideal, ya que se protege la salud antes de que se pierda.

1. RIESGOS

Procederemos al análisis de los diferentes riesgos que se podrían ocasionar en una EDAR.

Los accidentes se producen cuando se dan una serie de circunstancias que concurren ocasionándolos e incidiendo en las personas que lo realizan, por lo tanto, los accidentes no son una consecuencia natural del trabajo. En las estaciones de depuración de aguas residuales tanto por el tipo de trabajo, como por el producto que se trata, existen riesgos muy variados, pero la frecuencia de los accidentes no es muy significativa.

Para la eliminación de los peligros, se deben estudiar los mismos y controlarlos, desde el proyecto y construcción de las instalaciones, hasta la programación de trabajos y su ejecución.

El estudio se realiza teniendo en cuenta los riesgos comunes y específicos del personal de la planta.

En las estaciones de depuración de aguas residuales, no son muy comunes los accidentes, pero lo cuantificaremos para un mejor control, teniendo en cuenta que las unidades de las que se compone la obra son las siguientes:

- Desbroce
- Movimiento de tierras
- Reposiciones
- Obras de fábrica
- Excavaciones en zanjas para alojamiento de tuberías
- Colocación de tuberías en zanjas
- Hormigonería
- Albañilería
- Instalaciones de servicio
- Instalación de equipos mecánicos
- Instalación de equipos eléctricos
- Urbanización

Se tiene que tener en cuenta los principales peligros existentes en la EDAR, como son:

a) Daños físicos. Los daños a los que están sometidos los trabajadores de la depuradora, son muy similares a los de cualquier industria, como son: fracturas, golpes, cortes, arañazos, conmociones, etc. producidas por diferentes causas.

b) Contagio de enfermedades. Aunque no es muy común que se contagien enfermedades por contacto con las aguas, el peligro existe, y sobre todo en el caso de determinadas infecciones, los contagios se pueden producir por:

- Heridas o cortes en la piel, ya que las bacterias pueden encontrar ahí un medio donde proliferar y extenderse por el organismo.
- Inhalando aire contaminado por ciertos bacilos.
- Enfermedades gastrointestinales como pueden ser: cólera, disentería, fiebres tifoideas, lombrices, etc.

c) Gases explosivos. Los gases explosivos de una depuradora son el metano, el monóxido de carbono, el etano y el ácido sulfhídrico, éstos suelen encontrarse en lugares donde se producen bolsas de gas, ya que se acumulan fangos y no existe buena ventilación.

d) Asfixia por falta de oxígeno. Suele producirse en recintos cerrados donde existe una mala o nula ventilación.

e) Descargas eléctricas. Algunas de las causas pueden ser:

- Quemaduras externas al exponerse la persona a descargas eléctricas.
- Producción de chispas.
- Efectos secundarios al producirse una descarga, como puede ser una caída.
- Asfixia al producirse una laxación en los músculos del tórax.
- Paso de corriente por el tórax.

f) Materiales reactivos almacenados. Algunas de las sustancias que necesitan ser almacenadas son:

- Polielectrolito y activador para el secado de fangos.
- Hipoclorito para la desinfección.

g) Incendios. Peligro normal en una industria, incrementado por los gases explosivos que se producen en una estación de depuración.

h) Ruidos. En ciertos lugares de la estación de depuración, se superan los 80 decibelios establecidos por ley, por lo que los trabajadores necesitarán protección.

Algunas de las razones por las que está motivado el aumento de la seguridad en el trabajo son:

- Ofreciendo unas condiciones de trabajo adecuadas, se puede evitar que el trabajador sufra daños en su bien y su salud.
- Los accidentes provocan un absentismo laboral y el coste de recuperación de los accidentados.

Pudiéndose englobar en los diferentes riesgos:

- **Riesgos profesionales**

En desbroce y movimiento de tierras.

- Atropellos por máquinas o vehículos
- Atrapamientos
- Colisiones y vuelcos
- Caídas a distinto nivel
- Desprendimientos
- Polvo
- Ruidos

En hormigonería, albañilería y urbanización

- Golpes contra objetos
- Caídas a distinto nivel
- Caída de objetos

- Heridas punzantes en pies y manos
- Salpicaduras de hormigón en ojos
- Erosiones y contusiones en manipulación
- Atropello con maquinaria
- Heridas por máquinas cortadoras

En instalaciones de equipos mecánicos y eléctricos

- Atropello por maquinaria
- Heridas punzantes en pies y manos
- Quemaduras
- Erosiones y contusiones en la manipulación
- Golpes contra objetos
- Caídas a distinto nivel
- Caída de objetos

Riesgos eléctricos

Riesgos de Incendios

• Riesgos de daños a terceros

Producidos por los enlaces con las carreteras, habrá riesgos derivados de la obra, fundamentalmente por circulación de vehículos, al tener que realizar desvíos provisionales y pasos alternativos.

1.1 Prevención de riesgos laborales

1.1.1 Prevención de accidentes

Una vez identificados los riesgos propondremos una serie de medidas para paliar los mismos. Éstas medidas se implantarán en las instalaciones que emplee el trabajador.

1.1.2 Prevención de daños físicos

- Tapas en aberturas: Tableros que se colocan en los huecos horizontales de servicios y patinejos.
- Redes de seguridad: De dimensiones ajustadas al hueco a proteger, serán de poliamida de alta tenacidad (luz de malla de 7,5 x 7,5 cm, diámetro de hilo de 4mm y cuerda de recercado perimetral de 12mm de diámetro).
- Escaleras portátiles: Preferiblemente de aluminio o hierro. Las escaleras de manos no se apoyarán sobre materiales sueltos, sino sobre superficies planas y resistentes. Constarán de zapatas, sujetas en la parte superior y no sobrepasarán en un metro el punto de apoyo superior.
- Protección de zanjas: Para evitar caídas, se colocarán vallas de protección. Las

zanjas se ejecutarán con una inclinación de talud, tal que evite los desprendimientos.

- **Barandillas de protección:** Se colocarán antepechos provisionales de cerramiento en huecos verticales y perímetros de plataforma de trabajo, que sean susceptibles de permitir la caída de personas y objetos desde una altura superior a 2 metros. Estarán contruidos de balaustre, rodapié de 20 centímetros de alzada, travesaño intermedio y pasamanos superior de un metro de altura; sólidamente anclados todos los elementos entre sí.

1.1.3 Contagio de enfermedades

Para evitar el contagio, es necesario que el trabajador no esté expuesto al contacto directo con el agua y los productos separados de ella, como pueden ser los fangos, arenas, basuras, etc.

1.1.4 Prevención contra gases explosivos

Se debe tener bien ventilada la zona donde pueda haber acumulación de gases explosivos, ya que al contacto de éstos con oxígeno a altas temperaturas, puede provocar la explosión.

1.1.5 Prevención contra asfixia por falta de oxígeno

Las medidas para evitar la asfixia o intoxicación por gases o vapores tóxicos, son medidas orientadas hacia:

- **Detección de atmósferas con ausencia de oxígeno:** Colocación de detectores fijos de concentración de oxígeno en los lugares donde se acumulen los gases típicos de la digestión anaerobia (como el sulfhídrico y el metano) para que nos indiquen cuando la atmósfera deja de ser respirable. Las medidas a adoptar para prevenir la falta de oxígeno son:
 - Las galerías y locales donde sea posible la acumulación de gases, deberán estar ventiladas.
 - Para airear rápidamente las zonas donde hay acumulación de gases, se dispondrá de ventiladores portátiles.
- **Intoxicación con gases o vapores tóxicos.** Hay que identificar los recintos donde se produzcan gases tóxicos, y se han de tomar las medidas oportunas para evitar intoxicaciones, tales como las expuestas en el punto anterior.

1.1.6 Prevención contra descargas eléctricas

Se deben conectar a tierra todas las líneas y equipos para evitar chispas provocadas por la electricidad estática. No se deben utilizar mangueras con agua o extintores de espuma con fuegos de origen eléctrico. Para evitar este tipo de

accidentes, todas las instalaciones eléctricas deben cumplir los reglamentos de alta y baja tensión.

Las instalaciones eléctricas llevarán interruptores de corte automático o de aviso, sensibles a la corriente de defecto (interruptores diferenciales) o a la tensión de defecto (relés de tierra).

Los operarios que realicen un trabajo eléctrico, deberán contar con:

- Guantes
- Calzado aislante
- Herramientas aislantes
- Banquetas o alfombras aislantes
- Comprobadores de tensión

1.1.7 Prevención de incendios.

Para la prevención de un incendio, se debe evitar que coincidan en tiempo los cuatro factores detonantes de éstos como son: combustible, fuente de calor, aire y cadena de transmisión de incendios.

Si se cuidan los peligros de escape de gas y explosiones, se eliminan una de las fuentes más peligrosas de incendio en una depuradora.

1.1.8 Prevención de daños a terceros

Para evitar de posibles accidentes a terceros, se colocarán las oportunas señales de advertencia de salida de camiones y de limitación de velocidad en la carretera a las distancias reglamentarias del entronque de ella.

Se señalizarán los accesos naturales a la obra, prohibiéndose el paso a toda persona ajena a la misma, colocándose, en su caso, los cerramientos necesarios.

1.1.9 Protecciones individuales

Todo elemento de protección personal se ajustará a las Normas de Homologación del Ministerio de Trabajo (O.M. 17-5-74) (B.O.E 29-5-74), siempre que exista en el mercado.

En los casos en que no exista Norma de Homologación oficial, serán de calidad adecuada a sus respectivas prestaciones.

- Cascos: Para todas las personas que participan en la obra, incluidos los visitantes.
- Monos o buzos: Se tendrán en cuenta las reposiciones a lo largo de la obra, según Convenio Colectivo Provincial.
- Botas de agua.
- Botas de seguridad de lona.
- Botas de seguridad de cuero.

- Botas dieléctricas.
- Guantes de uso general.
- Guantes de goma.
- Guantes de soldador.
- Guantes dieléctricos.
- Trajes de agua.
- Gafas contra impactos y antipolvo.
- Gafas para oxicorte.
- Pantalla de soldador.
- Mascarilla antipolvo.
- Protectores auditivos.
- Polainas de soldador.
- Mandiles de soldador.
- Cinturón de seguridad de sujeción.
- Cinturón antivibratorio.
- Chalecos reflectantes.
- Banqueta de alta tensión.

1.1.9 Protecciones colectivas

Los elementos de protección colectiva se ajustarán a las características fundamentales siguientes:

- Pórticos protectores de líneas eléctricas y limitadores de galibo. Dispondrán de dintel debidamente señalizado.
- Topes de desplazamiento de vehículos. Se podrá realizar con un par de tablones embridados, fijados al terreno por medio de redondos hincados al mismo, o de otra forma eficaz.
- Vallas de limitación y protección. Tendrán como mínimo 90 centímetros de altura, estando construidas a base de tubos metálicos. Dispondrán de patas para mantener su verticalidad.
- Cables de sujeción de cinturón de seguridad, sus anclajes, soportes y anclajes de redes. Tendrán suficiente resistencia para soportar los esfuerzos a que puedan estar sometidos de acuerdo con su función protectora.
- Redes. Sus características generales serán tales que cumplan, con garantía, la función protectora para la que están previstas.
- Barandillas. Dispondrán de listón superior a una altura de 100 centímetros de superficie resistencia para garantizar la retención de personas.
- Extintores. Serán adecuados en agente extintor tamaño del tipo de incendio

previsible, y se revisarán cada 6 meses como máximo.

- Interrupciones diferenciales y tomas de tierra. La sensibilidad mínima de los interruptores diferenciales será par alumbrado de 30 mA. La resistencia de las tomas de tierra no será superior a la que garantice, de acuerdo con la sensibilidad del interruptor diferencial, una tensión de 24 V. Se medirá su resistencia periódicamente y al menos en la época más seca del año.
- Riesgos. Las pistas para vehículos se regarán convenientemente para que no se produzca levantamiento de polvo por el tránsito de los mismos.
- Señales de tráfico.
- Cinta de balizamiento.
- Balizamiento luminoso.
- Señales de seguridad.

1.1.10 Formación

Todo el personal debe recibir al ingresar en la obra una exposición de los métodos de trabajo y los riesgos que éstos podrían entrañar, juntamente con las medidas de seguridad que deberán emplear.

Se impartirán cursos de primeros auxilios eligiendo al personal más cualificado.

2) PREVENCIÓN DE LA ENFERMEDAD

Se basa en intervenciones de prevención primaria (vacunaciones), prevención secundaria o detección precoz de enfermedades y de prevención terciaria o de contención y/o rehabilitación de las secuelas dejadas por el o los daños de las funciones físicas, psíquicas y/o sociales.

2.1 Restauración de la salud

Se basa en todas las actividades que se realizan para recuperar la salud en caso de su pérdida, siendo responsabilidad de los servicios de asistencia sanitaria que despliegan sus actividades en dos niveles: atención primaria y atención hospitalaria.

Las técnicas de prevención según su forma de actuación se pueden dividir en técnicas médicas y técnicas no médicas. Las técnicas médicas actúan sobre la salud y las técnicas no médicas sobre el ambiente o las condiciones de trabajo. Éstas últimas son las de mayor importancia en cuanto a la eliminación de los riesgos profesionales, aunque encuentran limitación en su coste económico.

Técnicas médicas:

- Educación sanitaria
- Selección profesional
- Reconocimientos médicos y tratamientos

Técnicas no médicas:

- Ergonomía
- Psicosociología
- Política social y formación
- Seguridad e higiene

Se intentará pues, desarrollar técnicas no médicas sobre las condiciones de trabajo.

2.2 Medidas higiénicas

Existe riesgo biológico en las estaciones de depuración de aguas residuales, ya que uno de los componentes del agua residual son los organismos patógenos, éstos son susceptibles de ser transportados por las aguas residuales, cuya naturaleza depende de las condiciones climáticas, del nivel de higiene y de las enfermedades endémicas.

Independientemente de los elementos integrantes de la contaminación y sus efectos, las enfermedades pueden transmitirse:

Por contacto directo

Por medio de insectos y animales

Por medio de la vestimenta o utensilios empleados

La depuradora puede eliminar hasta un 90% de gérmenes patógenos. La precaución es esencial para evitar daños a los operadores de la EDAR, algunas de las medidas de seguridad tomadas por la O.M.S (Organización Mundial de la Salud) son:

La depuradora debe tener un botiquín en el que se incluya como mínimo: esparadrapo, mercromina o similar, algodón, desinfectante, pinzas y tijeras. También es conveniente que el operador disponga de líquido repelente de insectos, para evitar picaduras.

Debe constar de un depósito de agua limpia, jabón y lejía. Las toallas deben ser de papel desechable.

La indumentaria del operario debe constar al menos de: casco de trabajo, guantes y botas de goma, y al menos, dos monos. Si se realiza alguna comida en el recinto de la depuradora, tiene que haber una área habilitada para ello, y evitar en todo momento comer a la vez que se está realizando alguna labor que pueda ocasionar el contacto de la comida con algún elemento que haya estado en contacto a su vez con aguas residuales o fangos. Si es posible se evitarán las comidas dentro del recinto.

Prohibir la ingestión de alimentos, fumar o la aplicación de cosméticos, excepto en las zonas designadas para ello.

Los cortes y arañazos deben ser desinfectados en el momento de producirse.

La entrada a la estación de depuración debe estar en todo momento cerrada, para evitar riesgos y distracciones.

El operador debe encargarse también de los equipos eléctricos.

El operador debe vacunarse contra el tétanos y fiebres tifoideas, así como otras posibles enfermedades que indiquen las autoridades sanitarias. Debe someterse a un chequeo médico periódico.

Antes de realizar cualquier trabajo el operario debe tener conocimientos de primeros auxilios.

Los métodos para la desinfección de los locales e instrumentación también deberán tener en cuenta el tipo de agente a eliminar y la compatibilidad con la actividad que se esté realizando en un determinado lugar.

Han de evitarse los rincones o zonas donde se acumule la suciedad.

Los techos, paredes, suelos, así como las superficies de trabajo deben ser impermeables y resistentes a los diferentes productos desinfectantes.

Los locales de trabajo podrán precintarse para proceder a su desinfección.

Los lugares de trabajo donde se manipulen agentes biológicos patógenos, que supongan riesgo individual y para la población, se mantendrán con una presión negativa respecto a la presión atmosférica.

La correcta aplicación de los sistemas generales de ventilación que permita realizar un control de los contaminantes biológicos manteniendo una adecuada calidad ambiental.

Los equipos de protección individual deben ser utilizados en ocasiones excepcionales y durante un tiempo limitado.

2.3 Medicina preventiva y primeros auxilios

2.3.1 Botiquines

Se dispondrá de botiquines al menos en los talleres y en muros y edificios con una altura superior a 4 metros.

2.3.2 Reconocimiento médico

Todo el personal que trabaje en la obra debe pasar o haber pasado un reconocimiento médico, al menos, en el último año.

2.3.3 Asistencia a accidentados

Se debe saber dónde se encuentran los diferentes Centros Médicos (Servicios propios, Mutualidades Laborales, Ambulatorios, Mutuas Patronales, etc.), donde se trasladarán a los accidentados, para una mejor eficacia en cuanto a su tratamiento.

Es conveniente tener en la estación de depuración, un listado visible de los teléfonos y direcciones de éstos centros, así como, de la policía, bomberos y personal sanitario, para garantizar un rápido transporte de los posibles accidentados a los Centros de Asistencia.

2.4 Instalaciones de salud y bienestar

Se dispondrá del vestuario, servicios higiénicos y comedor, debidamente dotados.

El vestuario dispondrá de taquillas individuales, con llave y asientos.

Los servicios higiénicos tendrán un lavabo y una ducha con agua fría y caliente por cada diez trabajadores, y un WC por cada 25 trabajadores, disponiendo de espejos y calefacción.

Para la limpieza y conservación de estos locales se dispondrá de un trabajador con la dedicación necesaria.

2.5 Plan de seguridad y salud

El contratista está obligado a redactar un Plan de Seguridad y Salud adaptando este estudio a sus medios y métodos de ejecución.

13. EVALUACIÓN AMBIENTAL

13.1 FLORA Y FAUNA

En lo que respecta al tema ambiental, la nueva instalación beneficiará tanto a la fauna autóctona (mamíferos, aves y peces), como a la vegetación.

La depuración de las aguas y el vertido correspondiente al río Iro beneficiará a las especies presentes en él. Los mamíferos presentes en terrenos cercanos a la E.D.A.R no tienen valor de singularidad, escasez o rareza. Al proyectar sobre una E.D.A.R ya existente, ninguna especie de la zona se verá afectada ni desplazada o eliminada con la construcción de las obras proyectadas. Al igual ocurre con las aves o zonas de nidificación, éstas quedan fuera de la acción de lo proyectado.

En cuanto a la vegetación, como se ha comentado anteriormente, al ser una obra dentro de la misma EDAR, tanto en el caso de “El Torno”, como en el caso de “La Barrosa”, no se prevé ninguna afección directa del proyecto sobre ninguna comunidad vegetal, ya que no existe vegetación dentro de la misma a la que pueda afectar las obras, aunque será necesario contemplar la protección frente a acciones indirectas como pueden ser: movimiento de maquinaria pesada, vertidos, escombreras, etc.

Los efectos causados sobre el paisaje, se limitan a los ya existentes, con el añadido de la necesidad de alguna cantera o depósito necesario para la construcción y/o demolición de algunos equipos, así como, a alguna acción complementaria.

13.2 VALORACIÓN DE IMPACTOS

La EDAR “El Torno” actualmente cuenta con un sistema de desodorización para evitar los malos olores, eso añadido a la futura implantación de la digestión anaerobia con sus correspondientes tanques cerrados, evitarán la aparición de olores. El único contrapunto, podría ser los espesadores, pudiendo optar por la opción de cubrirlos mediante un material plástico desmontable. Este sería un impacto adverso, localizado, de acción directa, reversible, recuperable y de magnitud moderada, el impacto que produce este efecto es temporal.

Los efectos causados sobre el paisaje, se limitan a los ya existentes, con el añadido de la necesidad de alguna cantera o depósito necesario para la construcción y/o demolición de algunos equipos, así como, a alguna acción complementaria.

De este estudio, podríamos concluir diciendo que la magnitud del impacto sería prácticamente nula, ya que no se precisa de medidas correctoras o protectoras para la recuperación de ninguna especie presente en la zona.

Existe la posibilidad de aplicar medidas correctoras parciales en cuanto a las obras, como podrían ser:

- Cumplir las condiciones indispensables de seguridad en cuanto a movimientos de tierra, transporte y tránsito de materiales. Teniendo en cuenta e intentado minimizar los ruidos, polvo, gases contaminantes, etc.
- Evitar en la medida de lo posible la presencia de vertederos o escombreras, haciendo uso de los materiales procedentes de la excavación en el relleno de zanjas.
- Realizar una plantación en los espacios verdes dentro de las EDAR, con especies aromáticas, con el fin de reducir los olores que puedan estar presentes en la instalación.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- **Hernández Lehmann, Aurelio**; “Manual de diseño de Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales”; Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 1997.
- **Hernández Muñoz, A.H Lehmann, P. Galán Martínez**; “Manual de depuración Uralita – sistemas para depuración de aguas residuales en núcleos de hasta 20.000 habitantes”; EDICIONES PARANINFO, S.A., 1996.
- **Metcalf & Eddy**; “Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento, vertido y reutilización” (3ª edición); McGraw Hill, Madrid, 1995.
- **Metcalf & Eddy**; “Ingeniería Sanitaria. Tratamiento, evacuación y reutilización de aguas residuales” (3ª edición); Editorial Labor S.A., Barcelona, 1994.
- **“Estudio básico del biogás”**; Agencia Andaluza de la Energía; Conserjería de Economía, Innovación y Ciencia; Septiembre, 2011.
- **Metcalf & Eddy**; “Wastewater Engineering. Treatment and reuse” (4º Edition); McGraw Hill, New York, 2003.
- **Metcalf & Eddy**; “Ingeniería de aguas residuales. Redes de alcantarillado y bombeo” (2º Edición); McGraw Hill / Interamericana de España, S.A., 1995.
- **Hernández Muñoz, Aurelio**; “Saneamiento y alcantarillado. Vertidos residuales” (6º Edición); Colegio de ingenieros de caminos, canales y puertos, Madrid, 2001.
- **“Biomasa: Digestores Anaerobios”**; IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía) Ministerio de Industria, Turismo y Comercio; BESEL, S.A., Madrid, 2007.
- **Conde Caveró, Ricardo; García Saura, Antonio**; “Gestión del Mantenimiento Industrial”. Máster en Dirección de Producción y Logística. ENAE Business School.
- **Conde Caveró, Ricardo; García Saura, Antonio, Martínez Vidal, Flori**; “Guía Práctica Gestión del Mantenimiento Industrial”. Asociación Española de Mantenimiento AEM, Balartí. Noviembre 2012.
- **Romero Borrero, Enrique**; “Mantenimiento Legal de Instalaciones Industriales”. Huelva septiembre 2010.
- **Trabalón Carricondo, Cristobal**; “Consideraciones legales del mantenimiento de instalaciones”. Editorial Tébar, Madrid, diciembre 2008.
- **Steyer J.P., Bernad O., Bastone D.J. and Agnelidaki I.**; “Lessons learnt from 15 years

of ICA in anaerobic digesters. Water Science and Technology. 2006.

- (<http://www.chiclananatural.com>).

- “Diagnóstico Ambiental Chiclana de la frontera”, 2004

- **Look Hulshoff**; “Biogas Technology in Europe”; Look Hulshoff et al – Lettinga. Associates Foundation, 2008.

- **Xavier Elías Castells**; “Tratamiento y Valorización Energética de Residuos”. Ediciones Díaz de Santos 2005.

- **Universidad de Cádiz, Barcelona, León, Santiago y Oviedo**; “Manual Estado del Arte de la Co-digestión Anaerobia de Residuos Ganaderos y Agroindustriales”. PSE Probiogas 2009.

- **Aurelio Hernandez Muñoz**; “Depuración y desinfección de aguas residuales”. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Quinta edición. España. 5ª Ed. 2001.

- **Fernández J., Pérez M., Romero L.**; “Effect of substrate concentration on dry mesophilic anaerobic digestion of organic fraction of municipal solid waste (OFMSW)”. Bioresource Technology 2008,

- **PNIR** Plan Nacional Integrado de Residuos 2008-2015.

- **C. Judson King**; “Procesos de separación”. Ed. Reverte 2003.

- **Water Environment Federation**; “Manual of Practice for Water Pollution Control”, 1985).

- **Lawrence, A.W., and McCarry, P.L.**; “Sludge Concentration -Filtration and Incineration”. Education Series nº113, Univ. Of Michigan, 1970.

- **Lawrence, A.W., and McCarthy, P.L.**; “A Unified Basis for Biological Treatment Design and Operation”. J.Sanit. Eng. 1970.

-**BURD, R.S.**; “A Study of Sludge Handling and Disposal”. U.S. Department of the Interior, Washington, Publ, 1968.

- **Fich, E.B**; “Sedimentation Process Fundamentals”, Trans. Soc. Of Mining Engrs., vol. 223, 1962.

- **Ettelt, G.A.**; “Activated Sludge Thickening by Dissolved Air Flotation System”. Proc. 19Th Purdue Industrial Waste Conference, Purdue Univ. 1964.

ANEXO I

En el siguiente anexo, se procederá a la presentación de los datos de lodos producidos durante el período de 2.008 hasta 2.013, de las depuradoras de aguas residuales objeto de estudio en el municipio de Chiclana de la Frontera.

ESTUDIO DE LOS LODOS GENERADOS EN LA EDAR “EL TORNO”

Se procederá al análisis de los datos de lodos generados en la depuradora “El Torno” con los datos disponibles desde 2.008 hasta 2.013.

En esta depuradora contamos con fangos primarios y fangos en exceso, que proceden de la decantación primaria y del tratamiento biológico respectivamente.

Se han obtenido los KgSST/mes de fango primario como procede:

$$Kg\ SST_{Fangomixto} - Kg\ SST_{Fango\ exceso} = Kg\ SST_{Fango\ primario}$$

Y los Kg SST de fango en exceso se hayan de la siguiente forma:

$$Kg\ SST_{Fango\ exceso} = Concentración_{F.exceso} \cdot Caudal_{F.exceso}$$

Por último los fangos mixtos, son resultado de la suma de los fangos primarios y en exceso:

$$Fangos_{mixtos} = Fangos_{primarios} + Fangos_{exceso}$$

De aplicar las fórmulas anteriores, tenemos como resultado siguiente tabla, empezaremos analizando el año 2.013:

2.013			
FANGOS EXCESO			
MES	Q (m3/mes)	Concentración (g/L)	Kg SST/mes
ENERO	8.324	3,8	31.631,2
FEBRERO	6.878	4,3	29.575,4
MARZO	5.270	3,8	20.026,0
ABRIL	7.644	5,8	44.335,2
MAYO	8.310	5,2	43.212,0
JUNIO	8.201	5,3	43.465,3
JULIO	8.707	4,5	39.181,5
AGOSTO	9.033	4,2	37.938,6
SEPTIEMBRE	8.046	4,1	32.988,6
OCTUBRE	2.862	3,7	10.589,4
NOVIEMBRE	6.810	5,1	34.731,0
DICIEMBRE	12.757	4,0	51.028,0
MEDIA	7.737	4,5	34.891,9

2.013		
FANGOS PRIMARIOS		
MES	Q (m3/mes)	Kg SST/mes
ENERO	8.798	110.481,4
FEBRERO	8.003	85.008,3
MARZO	7.470	115.018,0
ABRIL	4.511	66.275,3
MAYO	13.706	165.940,0
JUNIO	13.513	151.960,7
JULIO	10.026	75.089,8
AGOSTO	10.959	110.002,2
SEPTIEMBRE	10.824	68.909,4
OCTUBRE	8.556	56.776,8
NOVIEMBRE	3.545	61.570,5
DICIEMBRE	6.128	56.616,5

MEDIA	8.837	9.3637,4
--------------	-------	----------

2.013			
FANGOS MIXTOS			
MES	Q (m3/mes)	Concentración (g/L)	Kg SST/mes
ENERO	17.122	8,3	142.112,6
FEBRERO	14.881	7,7	114.583,7
MARZO	12.740	10,6	135.044,0
ABRIL	12.155	9,1	110.610,5
MAYO	22.016	9,5	209.152,0
JUNIO	21.714	9,0	195.426,0
JULIO	18.733	6,1	114.271,3
AGOSTO	19.992	7,4	147.940,8
SEPTIEMBRE	18.870	5,4	101.898,0
OCTUBRE	11.418	5,9	67.366,2
NOVIEMBRE	10.355	9,3	96.301,5
DICIEMBRE	18.885	5,7	107.644,5

MEDIA	16.573	7,8	128.529,3
--------------	--------	-----	-----------

2.012			
FANGOS EXCESO			
MES	Q (m3/mes)	Concentración (g/L)	Kg SST/mes
ENERO	4.884	4,9	23.931,6
FEBRERO	3.768	4,7	17.709,6
MARZO	2.889	5,0	14.445,0
ABRIL	1.275	4,4	5.610,0
MAYO	2.202	5,4	11.890,8
JUNIO	7.741	5,1	39.479,1
JULIO	10.227	4,8	49.089,6
AGOSTO	14.210	4,6	65.366,0
SEPTIEMBRE	11.564	4,7	54.350,8
OCTUBRE	9.146	4,0	36.584,0
NOVIEMBRE	5.040	4,4	22.176,0
DICIEMBRE	8.825	4,7	41.477,5

MEDIA	6.814,3	4,7	31.842,5
--------------	---------	-----	----------

2.012		
FANGOS PRIMARIOS		
MES	Q (m3/mes)	Kg SST/mes
ENERO	20.113,00	116.051,60
FEBRERO	20.521,00	108.593,20
MARZO	19.862,00	126.611,20
ABRIL	19.883,00	119.222,20
MAYO	20.281,00	98.275,90
JUNIO	10.888,00	70.432,00
JULIO	8.068,00	53.362,40
AGOSTO	6.495,00	85.780,50
SEPTIEMBRE	11.950,00	239.574,20
OCTUBRE	12.378,00	167.894,00
NOVIEMBRE	10.628,00	106.301,60
DICIEMBRE	8.473,00	112.474,70

MEDIA	14.128,33	117.047,79
--------------	-----------	------------

2.012			
FANGOS MIXTOS			
MES	Q (m3/mes)	Concentración (g/L)	Kg SST/mes
ENERO	24.997	5,60	139.983,20
FEBRERO	24.289	5,20	126.302,80
MARZO	22.751	6,20	141.056,20
ABRIL	21.158	5,90	124.832,20
MAYO	22.483	4,90	110.166,70
JUNIO	18.629	5,90	109.911,10
JULIO	18.295	5,60	102.452,00
AGOSTO	20.705	7,30	151.146,50
SEPTIEMBRE	23.514	12,50	293.925,00
OCTUBRE	21.524	9,50	204.478,00
NOVIEMBRE	15.668	8,20	128.477,60
DICIEMBRE	17.298	8,90	153.952,20

MEDIA	20.942	7,14	148.890,29
--------------	--------	------	------------

2.011			
FANGOS EXCESO			
MES	Q (m3/mes)	Concentración (g/L)	Kg SST/mes
ENERO	5.160,00	4,70	24.252,00
FEBRERO	3.897,00	5,90	22.992,30
MARZO	5.072,00	6,40	32.460,80
ABRIL	4.224,00	6,20	26.188,80
MAYO	4.932,00	6,40	31.564,80
JUNIO	10.193,00	4,80	48.926,40
JULIO	9.494,00	4,10	38.925,40
AGOSTO	7.749,00	3,90	30.221,10
SEPTIEMBRE	1.719,00	3,70	6.360,30
OCTUBRE	5.132,00	3,40	17.448,80
NOVIEMBRE	8.340,00	3,90	32.526,00
DICIEMBRE	5.851,00	4,60	26.914,60

MEDIA	5.980,25	4,83	28.231,78
--------------	----------	------	-----------

2.011		
FANGOS PRIMARIOS		
MES	Q (m3/mes)	Kg SST/mes
ENERO	5.253,00	66.341,10
FEBRERO	4.399,00	77.389,30
MARZO	2.857,00	61.894,30
ABRIL	2.989,00	56.039,40
MAYO	3.851,00	50.995,40
JUNIO	8.155,00	46.483,20
JULIO	14.088,00	102.566,60
AGOSTO	12.704,00	74.089,20
SEPTIEMBRE	14.979,00	98.837,10
OCTUBRE	15.532,00	102.402,40
NOVIEMBRE	14.816,00	87.885,20
DICIEMBRE	16.614,00	134.833,40

MEDIA	9.686,42	79.979,72
--------------	----------	-----------

2.011			
FANGOS MIXTOS			
MES	Q (m3/mes)	Concentración (g/L)	Kg SST/mes
ENERO	10.413,00	8,70	90.593,10
FEBRERO	8.296,00	12,10	100.381,60
MARZO	7.929,00	11,90	94.355,10
ABRIL	7.213,00	11,40	82.228,20
MAYO	8.783,00	9,40	82.560,20
JUNIO	18.348,00	5,20	95.409,60
JULIO	23.582,00	6,00	141.492,00
AGOSTO	20.453,00	5,10	104.310,30
SEPTIEMBRE	16.698,00	6,30	105.197,40
OCTUBRE	20.664,00	5,80	119.851,20
NOVIEMBRE	23.156,00	5,20	120.411,20
DICIEMBRE	22.465,00	7,20	161.748,00

MEDIA	15.666,67	7,86	108.211,49
--------------	-----------	------	------------

2.010			
FANGOS EXCESO			
MES	Q (m3/mes)	Concentración (g/L)	Kg SST/mes
ENERO	8.506,00	4,30	36.575,80
FEBRERO	8.575,00	5,10	43.732,50
MARZO	6.437,00	6,70	43.127,90
ABRIL	5.502,00	6,10	33.562,20
MAYO	7.856,00	5,20	40.851,20
JUNIO	4.562,00	5,10	23.266,20
JULIO	3.726,00	6,60	24.591,60
AGOSTO	4.856,00	4,60	22.337,60
SEPTIEMBRE	8.019,00	4,90	39.293,10
OCTUBRE	6.469,00	5,60	36.226,40
NOVIEMBRE	8.755,00	5,20	45.526,00
DICIEMBRE	3.464,00	5,20	18.012,80

MEDIA	6.393,92	5,38	33.925,28
--------------	----------	------	-----------

2.010		
FANGOS PRIMARIOS		
MES	Q (m3/mes)	Kg SST/mes
ENERO	8.606,00	52.406,60
FEBRERO	13.638,00	145.078,00
MARZO	10.294,00	129.201,40
ABRIL	11.942,00	137.389,00
MAYO	23.627,00	166.936,60
JUNIO	19.527,00	135.721,20
JULIO	18.685,00	161.419,70
AGOSTO	18.717,00	95.527,40
SEPTIEMBRE	16.847,00	85.036,90
OCTUBRE	10.905,00	99.290,80
NOVIEMBRE	14.878,00	108.088,50
DICIEMBRE	7.274,00	60.374,60

MEDIA	14.578,33	114.705,89
--------------	-----------	------------

2.010			
FANGOS MIXTOS			
MES	Q (m3/mes)	Concentración (g/L)	Kg SST/mes
ENERO	17.112,00	5,20	88.982,40
FEBRERO	22.213,00	8,50	188.810,50
MARZO	16.731,00	10,30	172.329,30
ABRIL	17.444,00	9,80	170.951,20
MAYO	31.483,00	6,60	207.787,80
JUNIO	24.089,00	6,60	158.987,40
JULIO	22.411,00	8,30	186.011,30
AGOSTO	23.573,00	5,00	117.865,00
SEPTIEMBRE	24.866,00	5,00	124.330,00
OCTUBRE	17.374,00	7,80	135.517,20
NOVIEMBRE	23.633,00	6,50	153.614,50
DICIEMBRE	10.738,00	7,30	78.387,40

MEDIA	20.972,25	7,24	148.631,17
--------------	-----------	------	------------

2.009			
FANGOS EXCESO			
MES	Q (m3/mes)	Concentración (g/L)	Kg SST/mes
ENERO	8.499,00	4,90	41.645,10
FEBRERO	7.823,00	4,70	36.768,10
MARZO	8.102,00	5,30	42.940,60
ABRIL	8.110,00	4,20	34.062,00
MAYO	4.796,00	3,90	18.704,40
JUNIO	6.171,00	4,30	26.535,30
JULIO	2.680,00	3,10	8.308,00
AGOSTO	8.358,00	4,40	36.775,20
SEPTIEMBRE	12.712,00	4,20	53.390,40
OCTUBRE	15.066,00	4,40	66.290,40
NOVIEMBRE	12.876,00	5,00	64.380,00
DICIEMBRE	9.724,00	4,10	39.868,40

MEDIA	8.743,08	4,38	39.138,99
--------------	----------	------	-----------

2.009		
FANGOS PRIMARIOS		
MES	Q (m3/mes)	Kg SST/mes
ENERO	30.447,00	203.714,70
FEBRERO	26.989,00	186.028,70
MARZO	30.463,00	254.009,90
ABRIL	28.877,00	247.039,20
MAYO	25.021,00	279.465,60
JUNIO	22.235,00	283.090,10
JULIO	24.952,00	207.221,60
AGOSTO	15.628,00	123.931,00
SEPTIEMBRE	9.064,00	81.620,80
OCTUBRE	7.545,00	55.809,00
NOVIEMBRE	7.024,00	78.900,00
DICIEMBRE	8.977,00	64.857,20

MEDIA	19.768,50	172.140,65
--------------	-----------	------------

2.009			
FANGOS MIXTOS			
MES	Q (m3/mes)	Concentración (g/L)	Kg SST/mes
ENERO	38.946,00	6,30	245.359,80
FEBRERO	34.812,00	6,40	222.796,80
MARZO	38.565,00	7,70	296.950,50
ABRIL	36.987,00	7,60	281.101,20
MAYO	29.817,00	10,00	298.170,00
JUNIO	28.406,00	10,90	309.625,40
JULIO	27.632,00	7,80	215.529,60
AGOSTO	23.986,00	6,70	160.706,20
SEPTIEMBRE	21.776,00	6,20	135.011,20
OCTUBRE	22.611,00	5,40	122.099,40
NOVIEMBRE	19.900,00	7,20	143.280,00
DICIEMBRE	18.701,00	5,60	104.725,60

MEDIA	28.511,58	7,32	211.279,64
--------------	-----------	------	------------

2.008			
FANGOS EXCESO			
MES	Q (m3/mes)	Concentración (g/L)	Kg SST/mes
ENERO	7.382,00	5,30	39.124,60
FEBRERO	6.681,00	5,00	33.405,00
MARZO	7.123,00	4,80	34.190,40
ABRIL	5.739,00	5,10	29.268,90
MAYO	6.586,00	4,50	29.637,00
JUNIO	5.749,00	4,30	24.720,70
JULIO	5.482,00	4,00	21.928,00
AGOSTO	7.933,00	4,30	34.111,90
SEPTIEMBRE	6.651,00	4,70	31.259,70
OCTUBRE	8.765,00	4,00	35.060,00
NOVIEMBRE	5.178,00	4,20	21.747,60
DICIEMBRE	6.778,00	4,20	28.467,60

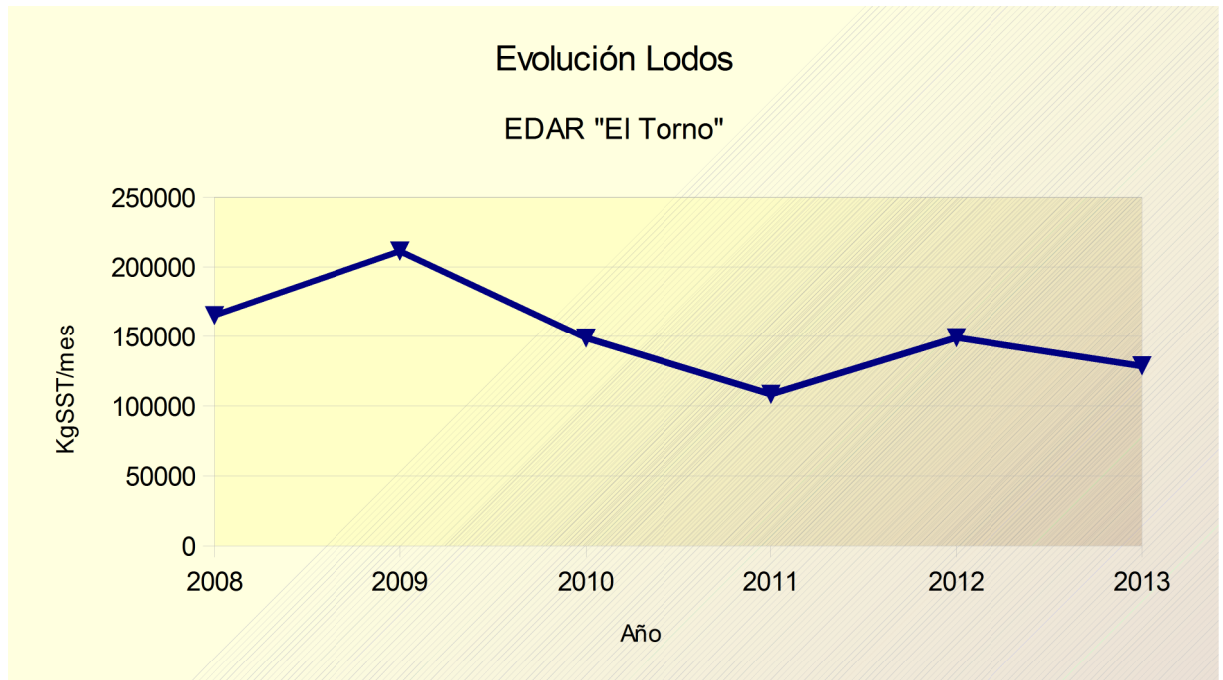
MEDIA	6.670,58	4,53	30.243,45
--------------	----------	------	-----------

2.008		
FANGOS PRIMARIOS		
MES	Q (m3/mes)	Kg SST/mes
ENERO	30.707,00	162.747,10
FEBRERO	29.066,00	145.330,00
MARZO	32.905,00	157.944,00
ABRIL	26.860,00	136.986,00
MAYO	31.314,00	140.913,00
JUNIO	30.165,00	129.709,50
JULIO	29.815,00	119.260,00
AGOSTO	32.476,00	139.646,80
SEPTIEMBRE	32.477,00	152.641,90
OCTUBRE	25.310,00	101.240,00
NOVIEMBRE	24.512,00	102.950,40
DICIEMBRE	30.684,00	128.872,80

MEDIA	29.690,92	134.853,46
--------------	-----------	------------

2.008			
FANGOS MIXTOS			
MES	Q (m3/mes)	Concentración (g/L)	Kg SST/mes
ENERO	38.089,00	5,30	201.871,70
FEBRERO	35.747,00	5,00	178.735,00
MARZO	40.028,00	4,80	192.134,40
ABRIL	32.599,00	5,10	166.254,90
MAYO	37.900,00	4,50	170.550,00
JUNIO	35.914,00	4,30	154.430,20
JULIO	35.297,00	4,00	141.188,00
AGOSTO	40.409,00	4,30	173.758,70
SEPTIEMBRE	39.128,00	4,70	183.901,60
OCTUBRE	34.075,00	4,00	136.300,00
NOVIEMBRE	29.690,00	4,20	124.698,00
DICIEMBRE	37.462,00	4,20	157.340,40
MEDIA	36.361,50	4,53	165.096,91

Del estudio de los fangos de esta depuradora, y de la representación gráfica de la media de los Kg SST/mes de los fangos desde el año 2.008 al 2.013, se obtiene:



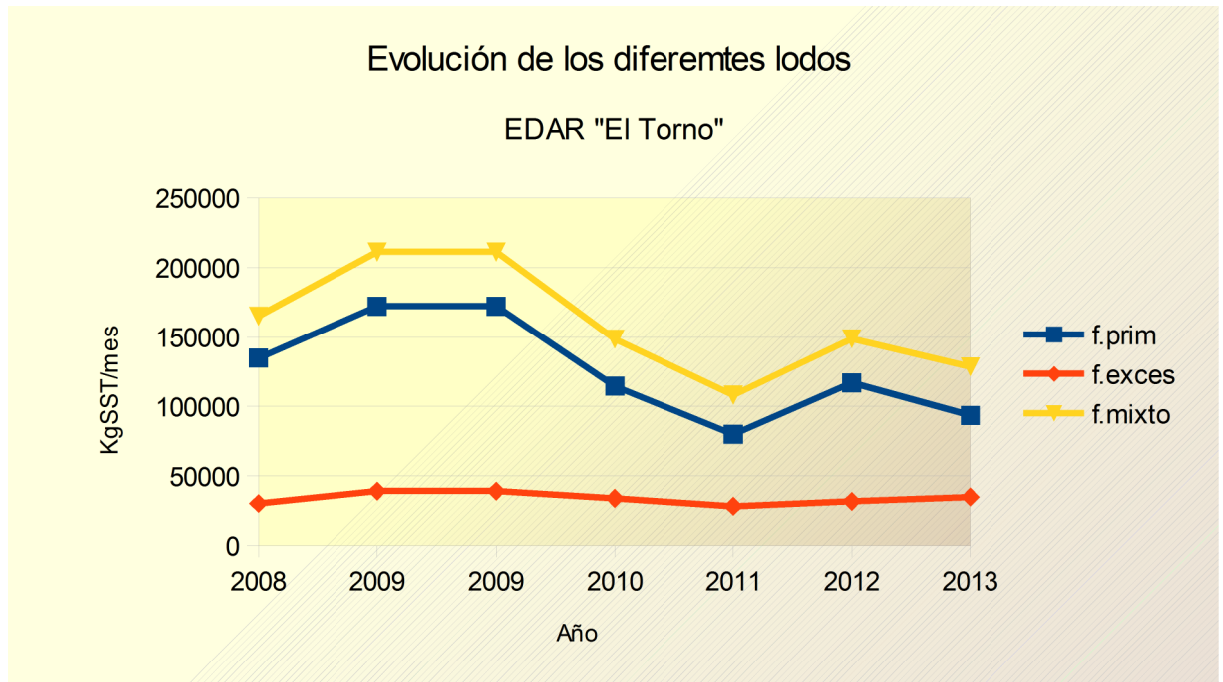
Donde podemos observar que existe un pico de generación máxima de lodos en el año 2.009 (este pico entre otros factores puede ser debido a inundaciones sufridas en el municipio), para luego ir decayendo durante los siguientes años, hasta 2.011 donde vuelve a ascender.

Se prevé que en los próximos años la cantidad de fangos se estabilice, esta estabilización prevista, puede estar relacionada con el precio del agua, la concienciación ciudadana, etc.

El aumento de la generación de lodos irá en suave aumento, debido al crecimiento de caudal que sufrirá esta depuradora hasta 2040, el año previsto. Este aumento será paulatino ya que se irán incorporando a la red por secciones o zonas las viviendas ya construidas las cuales no tienen conexión actual con la EDAR "El Torno", futuras construcciones contempladas en el PGOU (Plan General de Ordenación Urbana) de Chiclana de la frontera, así como el aumento de población estudiado en el Anexo I.

Como hemos mencionado anteriormente, se estima que los caudales de agua que en un futuro tendrá que absorber la depuradora, serán cada vez mayores, y por tanto, la generación de lodos también será mayor e irá en aumento, en Anexo I, se estudia el caudal estimado para esta depuradora en el año de diseño previsto, 2040.

Del estudio de los fangos de esta depuradora, y de la representación gráfica de la media de los Kg SST/mes de los diferentes tipos de fangos implicados en la depuración de la EDAR "El Torno" desde el año 2.008 al 2.013, como son los fangos primarios y biológicos, dando su mezcla origen a los fangos mixtos, se obtiene:



Si se observa la gráfica, la línea correspondiente a los fangos en exceso no varía significativamente, guardándose la proporción durante los años de estudio. Sin embargo, la línea de fangos primarios es la que dictamina la forma de la curva de los fangos mixtos.

Se producen mucho más fango primario que el procedente de la depuración biológica.
Siguiendo la tendencia de estos fangos mixtos, la comentada anteriormente.

ESTUDIO DE LOS LODOS GENERADOS EN LA EDAR “LA BARROSA”

Se procederá al análisis de los datos de lodos generados en la depuradora “La Barrosa” con los datos disponibles desde 2.008 hasta 2.013.

En esta depuradora contamos con fangos primarios, fangos biológicos y fangos multiflo.

Los Kg SST de fango se han obtenido a partir de la siguiente ecuación:

$$Kg\ SST_{Fango} = Concentración_{Fango} \cdot Caudal_{Fango}$$

Por último, los fangos mixtos, son el resultado de la suma de los fangos primarios, biológicos y en exceso:

$$Fangos_{mixtos} = Fangos_{primarios} + Fangos_{biológicos} + Fangos_{multiflo}$$

De aplicar las fórmulas anteriores, tenemos como resultado siguiente tabla, empezaremos analizando el año 2.013:

2.013			
FANGOS BIOLÓGICOS			
MES	Q (m3/mes)	Concentración (g/L)	Kg SST/mes
ENERO	4.931	2,5	12.328
FEBRERO	3.905	2,5	9.763
MARZO	4.581	1,9	8.704
ABRIL	4.841	2,8	13.555
MAYO	6.370	3,0	19.110
JUNIO	6.725	3,4	22.865
JULIO	7.312	6,6	48.259
AGOSTO	11.922	4,9	58.418
SEPTIEMBRE	12.571	3,0	37.713
OCTUBRE	12.443	2,4	29.863
NOVIEMBRE	9.458	1,6	15.133
DICIEMBRE	5.012	1,8	9.022
MEDIA	7.506	3,0	23.727

2.013			
FANGOS PRIMARIOS			
MES	Q (m3/mes)	Concentración (g/L)	Kg SST/mes
ENERO	1.080	7	7560
FEBRERO	1.120	5,9	6608
MARZO	1.240	17,4	21576
ABRIL	2.480	5,1	12648
MAYO	2.480	2,8	6944
JUNIO	2.480	4,5	11160
JULIO	2.480	4,1	10168
AGOSTO	2.480	11,5	28520
SEPTIEMBRE	2.400	5,6	13440
OCTUBRE	2.480	2,8	6944
NOVIEMBRE	2.400	2,1	5040
DICIEMBRE	2.480	2,2	5456

MEDIA	2.133	5,9	11.339
--------------	-------	-----	--------

2.013			
FANGOS MULTIFLO			
MES	Q (m3/mes)	Concentración (g/L)	Kg SST/mes
ENERO	9.691	4,0	38.764,0
FEBRERO	5.299	2,1	11.127,9
MARZO	5.530	3,8	21.014,0
ABRIL	5.386	5,6	30.161,6
MAYO	5.530	4,0	22.120,0
JUNIO	5.328	3,9	20.779,2
JULIO	5.803	3,1	17.989,3
AGOSTO	6.307	7,9	49.825,3
SEPTIEMBRE	5.976	4,4	26.294,4
OCTUBRE	5.803	3,3	19.149,9
NOVIEMBRE	5.731	2,4	13.754,4
DICIEMBRE	5.429	3,0	16.287,0

MEDIA	5.984	4,0	23.938,9
--------------	-------	-----	----------

2.013			
FANGOS MIXTOS			
MES	Q (m3/mes)	Concentración (g/L)	Kg SST/mes
ENERO	15.702	3,5	54.957,0
FEBRERO	10.324	2,8	28.907,2
MARZO	11.351	4,4	49.944,4
ABRIL	12.707	4,4	55.910,8
MAYO	14.380	3,3	47.454,0
JUNIO	14.533	3,7	53.772,1
JULIO	15.595	4,9	76.415,5
AGOSTO	20.709	6,5	134.608,5
SEPTIEMBRE	20.947	3,7	77.503,9
OCTUBRE	20.726	2,7	55.960,2
NOVIEMBRE	17.589	2,0	35.178,0
DICIEMBRE	12.921	2,3	29.718,3

MEDIA	15.624	3,7	58.360,8
--------------	--------	-----	----------

2.012			
FANGOS BIOLÓGICOS			
MES	Q (m3/mes)	Concentración (g/L)	Kg SST/mes
ENERO	78	1,3	101,4
FEBRERO	163	4,5	733,5
MARZO	3460	4,2	14.532,0
ABRIL	4998	4,7	23.490,6
MAYO	2388	4,1	9.790,8
JUNIO	4642	5,2	24.138,4
JULIO	7016	4,1	28.765,6
AGOSTO	5117	5,2	26.608,4
SEPTIEMBRE	7121	5,2	37.029,2
OCTUBRE	6974	4,0	27.896,0
NOVIEMBRE	3436	3,6	12.369,6
DICIEMBRE	4627	2,6	12.030,2

MEDIA	4.168	4,1	18.123,8
--------------	-------	-----	----------

2.012			
FANGOS PRIMARIOS			
MES	Q (m3/mes)	Concentración (g/L)	Kg SST/mes
ENERO	1024	7,9	8.089,6
FEBRERO	2320	7,9	18.328,0
MARZO	2480	5,4	13.392,0
ABRIL	2400	7,4	17.760,0
MAYO	2025	12,0	24.300,0
JUNIO	2096	9,5	19.912,0
JULIO	2660	14,4	38.304,0
AGOSTO	3400	10,1	34.340,0
SEPTIEMBRE	840	17,8	14.952,0
OCTUBRE	1240	11,2	13.888,0
NOVIEMBRE	1120	10,1	11.312,0
DICIEMBRE	1240	9,3	11.532,0

MEDIA	1.904	10,3	18.842,5
--------------	-------	------	----------

2.012			
FANGOS MULTIFLO			
MES	Q (m3/mes)	Concentración (g/L)	Kg SST/mes
ENERO	5.674	6,8	38.583,2
FEBRERO	6.797	6,2	42.141,4
MARZO	7.315	4,4	32.186,0
ABRIL	7.142	4,9	34.995,8
MAYO	6.480	4,1	26.568,0
JUNIO	5.314	5,3	28.164,2
JULIO	4.110	10	41.100,0
AGOSTO	7.285	8,2	59.737,0
SEPTIEMBRE	7.301	5,1	37.235,1
OCTUBRE	5.501	4,4	24.204,4
NOVIEMBRE	7.171	2,9	20.795,9
DICIEMBRE	5.918	3,1	18.345,8

MEDIA	6.334	5,5	33.671,4
--------------	-------	-----	----------

2.012			
FANGOS MIXTOS			
MES	Q (m3/mes)	Concentración (g/L)	Kg SST/mes
ENERO	6.776	7,0	47.432,0
FEBRERO	9.280	6,5	60.320,0
MARZO	13.255	4,3	56.996,5
ABRIL	14.540	5,2	75.608,0
MAYO	10.893	5,7	62.090,1
JUNIO	12.052	6,0	72.312,0
JULIO	13.786	7,5	103.395,0
AGOSTO	15.802	7,6	120.095,2
SEPTIEMBRE	15.262	5,7	86.993,4
OCTUBRE	13.715	4,9	67.203,5
NOVIEMBRE	11.727	4,0	46.908,0
DICIEMBRE	11.785	3,5	41.247,5

MEDIA	12.406	5,7	70.050,1
--------------	--------	-----	----------

2.011			
FANGOS BIOLÓGICOS			
MES	Q (m3/mes)	Concentración (g/L)	Kg SST/mes
ENERO	2.561	4,9	12.548,9
FEBRERO	3.017	6,5	19.610,5
MARZO	3.181	5,2	16.541,2
ABRIL	3.011	4,8	14.452,8
MAYO	4.270	5,9	25.193,0
JUNIO	2.804	5,3	14.861,2
JULIO	5.316	4,7	24.985,2
AGOSTO	6.069	5,0	30.345,0
SEPTIEMBRE	8.107	5,3	42.967,1
OCTUBRE	3.825	5,0	19.125,0
NOVIEMBRE	2.067	5,9	12.195,3
DICIEMBRE	2.437	2,6	6.336,2

MEDIA	3.889	5,1	19.930,1
--------------	-------	-----	----------

2.011			
FANGOS PRIMARIOS			
MES	Q (m3/mes)	Concentración (g/L)	Kg SST/mes
ENERO	744	3,6	2.678,4
FEBRERO	672	2,7	1.814,4
MARZO	744	2,6	1.934,4
ABRIL	784	4,9	3.841,6
MAYO	1.240	5,7	7.068,0
JUNIO	1.320	5,5	7.260,0
JULIO	3.460	14,9	51.554,0
AGOSTO	6.308	7,7	48.571,6
SEPTIEMBRE	5.280	3,6	19.008,0
OCTUBRE	2.960	6,1	18.056,0
NOVIEMBRE	2168	4,6	9.972,8
DICIEMBRE	744	1,3	967,2

MEDIA	2.202	5,3	14.393,9
--------------	-------	-----	----------

2.011			
FANGOS MULTIFLO			
MES	Q (m3/mes)	Concentración (g/L)	Kg SST/mes
ENERO	1.944	3,6	6.998,4
FEBRERO	1.454	2,7	5.961,4
MARZO	1.669	2,6	9.680,2
ABRIL	1.771	4,9	16.647,4
MAYO	2.333	5,7	23.096,7
JUNIO	2.722	5,5	13.610,0
JULIO	4.651	14,9	27.906,0
AGOSTO	5.443	7,7	33.202,3
SEPTIEMBRE	5.746	3,6	41.371,2
OCTUBRE	5.878	6,1	37.031,4
NOVIEMBRE	5.746	4,6	28.730,0
DICIEMBRE	6.019	1,3	19.862,7

MEDIA	3.781,33	5,3	22.008,1
--------------	----------	-----	----------

2.011			
FANGOS MIXTOS			
MES	Q (m3/mes)	Concentración (g/L)	Kg SST/mes
ENERO	5.249	3,8	19.946,2
FEBRERO	5.143	4,5	23.143,5
MARZO	5.594	4,5	25.173,0
ABRIL	5.566	5,6	31.169,6
MAYO	7.843	5,9	46.273,7
JUNIO	6.846	4,9	33.545,4
JULIO	13.427	7,0	93.989,0
AGOSTO	17.820	5,7	10.1574
SEPTIEMBRE	19.133	4,8	91.838,4
OCTUBRE	12.663	4,3	54.450,9
NOVIEMBRE	9.981	4,3	42.918,3
DICIEMBRE	9.200	2,4	22.080,0

MEDIA	9.872	4,8	48.841,8
--------------	-------	-----	----------

2.010			
FANGOS BIOLÓGICOS			
MES	Q (m3/mes)	Concentración (g/L)	Kg SST/mes
ENERO	915	14,5	13.268
FEBRERO	750	14,4	10.800
MARZO	228	13,1	2.987
ABRIL	1.050	7,7	8.085
MAYO	2.240	6,6	14.784
JUNIO	5.112	5,5	28.116
JULIO	7.448	6,2	46.178
AGOSTO	11.650	5,7	66.405
SEPTIEMBRE	7.642	5,0	38.210
OCTUBRE	2.958	4,2	12.424
NOVIEMBRE	2.642	6,1	16.116
DICIEMBRE	2.717	6,3	17.117

MEDIA	3.779,3	7,9	22.874
--------------	---------	-----	--------

2.010			
FANGOS PRIMARIOS			
MES	Q (m3/mes)	Concentración (g/L)	Kg SST/mes
ENERO	4960	1,9	9.424,0
FEBRERO	3944	1,6	6.310,4
MARZO	579	6,4	3.705,6
ABRIL	1444	7,0	10.108,0
MAYO	1184	7,9	9.353,6
JUNIO	1280	3,2	4.096,0
JULIO	1824	9,6	17.510,4
AGOSTO	3560	7,4	26344,0
SEPTIEMBRE	3600	4,2	15.120,0
OCTUBRE	2620	6,1	15.982,0
NOVIEMBRE	1260	4,3	5.418,0
DICIEMBRE	1000	4,6	4.600,0

MEDIA	2.271	5,4	10.664,0
--------------	-------	-----	----------

2.010			
FANGOS MULTIFLO			
MES	Q (m3/mes)	Concentración (g/L)	Kg SST/mes
ENERO	6.883	2,0	13.766
FEBRERO	6.595	2,1	13.850
MARZO	4.090	6,2	25.358
ABRIL	3.442	9,2	31.666
MAYO	3.384	10,0	33.840
JUNIO	2.789	11,1	30.958
JULIO	3.360	9,8	32.928
AGOSTO	3.469	6,7	23.242
SEPTIEMBRE	4.162	5,1	21.226
OCTUBRE	3.322	5,5	18.271
NOVIEMBRE	2.438	5,7	13.897
DICIEMBRE	1.814	4,1	7.437

MEDIA	3.812	6,5	22.203
--------------	-------	-----	--------

2.010			
FANGOS MIXTOS			
MES	Q (m3/mes)	Concentración (g/L)	Kg SST/mes
ENERO	12.758	3,0	38.274,0
FEBRERO	11.289	2,8	31.609,2
MARZO	4.897	6,5	31.830,5
ABRIL	5.936	7,3	43.332,8
MAYO	6.808	8,7	59.229,6
JUNIO	9.181	7,2	66.103,2
JULIO	12.632	7,7	97.266,4
AGOSTO	18.679	6,1	113.941,9
SEPTIEMBRE	15.404	4,8	73.939,2
OCTUBRE	8.900	5,2	46.280,0
NOVIEMBRE	6.340	5,6	35.504,0
DICIEMBRE	5.531	5,3	29.314,3

MEDIA	9.863	5,9	55.552,1
--------------	-------	-----	----------

2.009			
FANGOS BIOLÓGICOS			
MES	Q (m3/mes)	Concentración (g/L)	Kg SST/mes
ENERO	2.215	5,5	12.847,0
FEBRERO	2.723	5,0	14.976,5
MARZO	4.202	6,7	21.010,0
ABRIL	6.532	7,1	43.764,4
MAYO	6.436	6,8	45.695,6
JUNIO	5.931	5,8	40.330,8
JULIO	8.983	7,3	52.101,4
AGOSTO	14.464	6,7	105.587,2
SEPTIEMBRE	4.538	8,1	30.404,6
OCTUBRE	5.209	13,0	42.192,9
NOVIEMBRE	2.409	15,5	31.317,0
DICIEMBRE	3.222		49.941,0

MEDIA	5.572	7,8	40.847,4
--------------	-------	-----	----------

2.009			
FANGOS PRIMARIOS			
MES	Q (m3/mes)	Concentración (g/L)	Kg SST/mes
ENERO	2480	1,9	4.712
FEBRERO	2240	2,0	4.480
MARZO	2480	2,9	7.192
ABRIL	3240	4,0	12.960
MAYO	3480	2,0	6.960
JUNIO	4680	2,6	12.168
JULIO	7440	3,9	29.016
AGOSTO	5572	8,0	44.576
SEPTIEMBRE	4800	3,7	17.760
OCTUBRE	4960	2,7	13.392
NOVIEMBRE	4800	1,9	9.120
DICIEMBRE	4960	1,5	7.440

MEDIA	4.261	3,1	14.148
--------------	-------	-----	--------

2.009			
FANGOS MULTIFLO			
MES	Q (m3/mes)	Concentración (g/L)	Kg SST/mes
ENERO	7.157	2,8	20.039,6
FEBRERO	6.466	3,1	20.044,6
MARZO	7.171	3,7	26.532,7
ABRIL	6.638	3,5	23.233,0
MAYO	7.200	3,5	25.200,0
JUNIO	7.099	3,7	26.266,3
JULIO	7.517	5,3	39.840,1
AGOSTO	7.574	8,4	63.621,6
SEPTIEMBRE	7.258	5,2	37.741,6
OCTUBRE	7.344	4,7	34.516,8
NOVIEMBRE	7.056	3,7	26.107,2
DICIEMBRE	7.186	4,7	33.774,2

MEDIA	7.139	4,4	31.409,8
--------------	-------	-----	----------

2.009			
FANGOS MIXTOS			
MES	Q (m3/mes)	Concentración (g/L)	Kg SST/mes
ENERO	11.852	2,8	33.185,6
FEBRERO	11.429	3,1	35.429,9
MARZO	13.853	3,7	51.256,1
ABRIL	16.410	3,5	57.435,0
MAYO	17.116	3,5	59.906,0
JUNIO	17.710	3,7	65.527,0
JULIO	23.940	5,3	126.882,0
AGOSTO	27.610	8,4	231.924,0
SEPTIEMBRE	16.596	5,2	86.299,2
OCTUBRE	17.513	4,7	82.311,1
NOVIEMBRE	14.265	3,7	52.780,5
DICIEMBRE	15.368	4,7	72.229,6

MEDIA	16.972	4,4	79.597,2
--------------	--------	-----	----------

2.008			
FANGOS BIOLÓGICOS			
MES	Q (m3/mes)	Concentración (g/L)	Kg SST/mes
ENERO	687	6,7	4.603
FEBRERO	706	7,8	5.507
MARZO	1.356	8,9	12.068
ABRIL	4.211	7,2	30.319
MAYO	4.373	6,3	27.550
JUNIO	2.295	7,1	16.295
JULIO	7.811	7,5	58.583
AGOSTO	12.362	5,8	71.700
SEPTIEMBRE	11.176	6,8	75.997
OCTUBRE	6.148	8,2	50.414
NOVIEMBRE	1.952	8,4	16.397
DICIEMBRE	2.129	7,2	15.329

MEDIA	4.601	7,3	32.063
--------------	-------	-----	--------

2.008			
FANGOS PRIMARIOS			
MES	Q (m3/mes)	Concentración (g/L)	Kg SST/mes
ENERO	992	2,7	2.678,4
FEBRERO	928	3,5	3.248,0
MARZO	992	5,2	5.158,4
ABRIL	864	3,4	2.937,6
MAYO	1.248	3,4	4.243,2
JUNIO	1.508	3,1	4.674,8
JULIO	3.548	6,3	22.352,4
AGOSTO	6.420	4,8	30.816,0
SEPTIEMBRE	3.360	2,8	9.408,0
OCTUBRE	2.465	1,7	4.190,5
NOVIEMBRE	2.400	3,7	8.880,0
DICIEMBRE	2.480	3,6	8.928,0

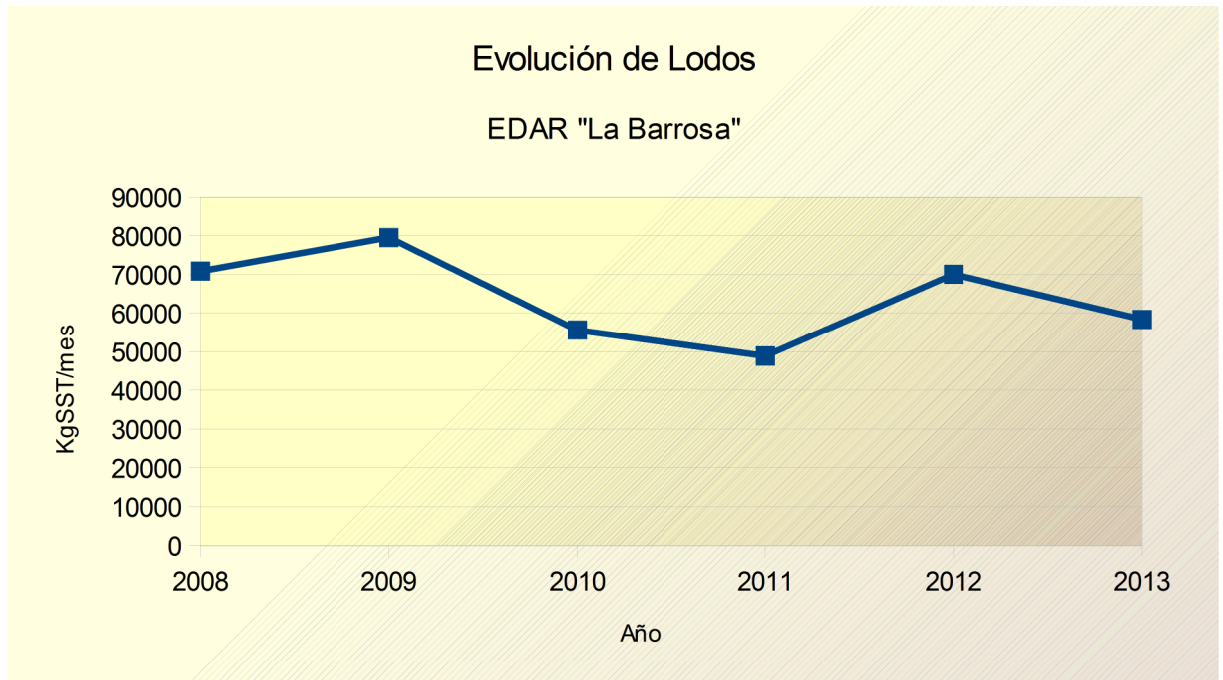
MEDIA	2.267	3,7	8.959,6
--------------	-------	-----	---------

2.008			
FANGOS MULTIFLO			
MES	Q (m3/mes)	Concentración (g/L)	Kg SST/mes
ENERO	6.782	3,0	20.346,0
FEBRERO	6.379	3,2	20.412,8
MARZO	6.869	4,2	28.849,8
ABRIL	6.278	5,8	36.412,4
MAYO	7.430	5,0	37.150,0
JUNIO	7.906	4,9	38.739,4
JULIO	7.934	4,4	34.909,6
AGOSTO	8.122	5,5	44.671,0
SEPTIEMBRE	7.070	4,3	30.401,0
OCTUBRE	7.229	3,5	25.301,5
NOVIEMBRE	6.912	3,7	25.574,4
DICIEMBRE	7.142	3,8	27.139,6

MEDIA	7.171	4,3	30.825,6
--------------	-------	-----	----------

2.008			
FANGOS MIXTOS			
MES	Q (m3/mes)	Concentración (g/L)	Kg SST/mes
ENERO	8.461	3,3	27.921,3
FEBRERO	8.013	3,6	28.846,8
MARZO	9.217	4,8	44.241,6
ABRIL	11.353	6,1	69.253,3
MAYO	13.051	5,2	67.865,2
JUNIO	11.709	5,1	59.715,9
JULIO	19.293	5,9	113.828,7
AGOSTO	26.904	5,4	145.281,6
SEPTIEMBRE	21.606	5,4	116.672,4
OCTUBRE	15.842	4,7	74.457,4
NOVIEMBRE	11.264	4,5	50.688,0
DICIEMBRE	11.751	4,4	51.704,4
MEDIA	14.039	4,9	70.873,1

Del estudio de los fangos de esta depuradora, y de la representación gráfica de la media de los Kg SST/mes de los fangos, se obtiene:

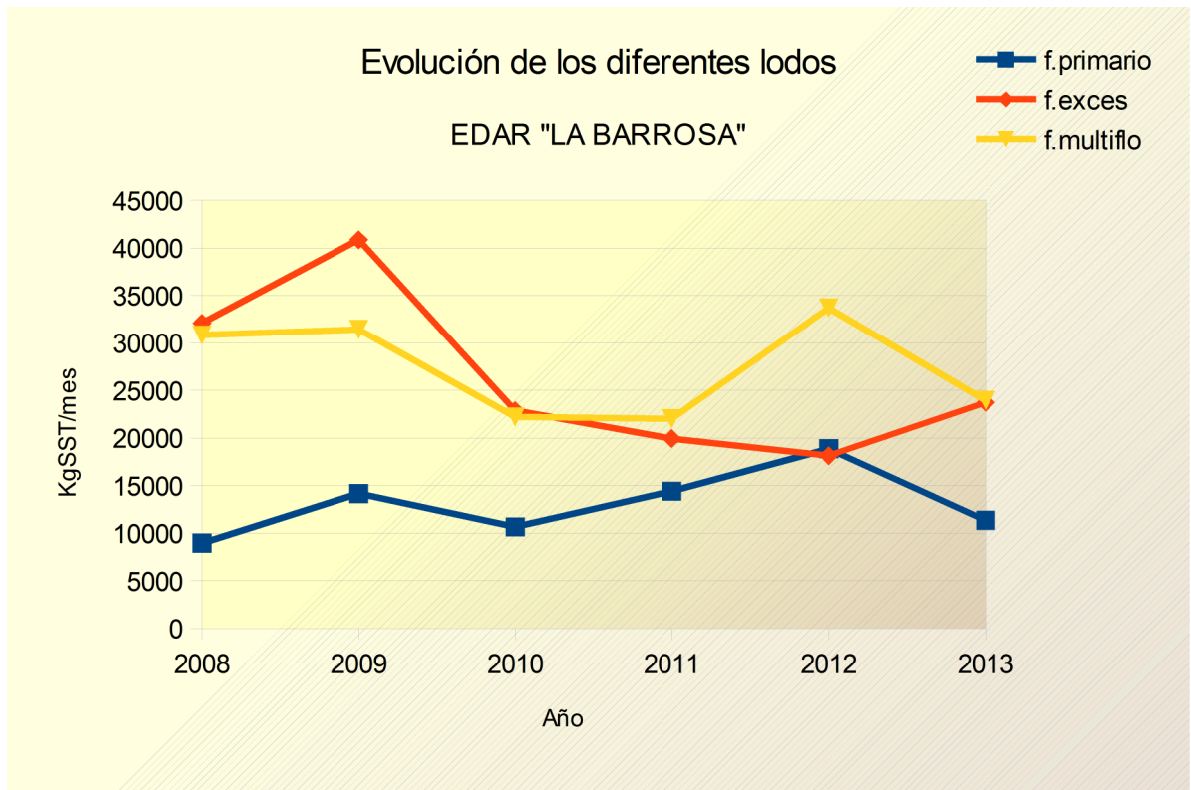


Donde se puede observar que existe un pico de generación máxima de lodos en el año 2.009 (al igual que ocurre con la depuradora de “El Torno”, siendo los motivos del mismo los descritos en apartados anteriores de este mismo anexo.

Al igual que ocurre en la EDAR “El Torno”, en la depuradora de “La Barrosa” también se tiene previsto una futura anexión paulatina de viviendas no conectadas a la red, aumento de la población en la zona de la costa, así como nuevas construcciones.

Como se ha mencionado anteriormente, se estima que los caudales de agua que en un futuro tendrá que absorber la depuradora, será cada vez mayores, y por tanto, la generación de lodos también será mayor e irá en aumento

Del estudio de los fangos de esta depuradora, y de la representación gráfica de la media de los Kg SST/mes de los diferentes tipos de fangos implicados en la depuración de la EDAR “El Torno” desde el año 2.008 al 2.013, como son los fangos primarios y biológicos, dando su mezcla origen a los fangos mixtos, se obtiene:



Si se observa la gráfica, la línea correspondiente a los fangos en exceso a diferencia de la EDAR “El Torno”, si que varían significativamente, produciéndose un pico máximo en 2.009, coincidente con la generación máxima de fangos vista anteriormente, estos fangos sufren una pequeña decadencia para en 2.012 volver a aumentar.

Respecto a los fangos multiflo, se podría decir que hasta 2.011 siguen la misma tendencia de los fangos en exceso, produciéndose un pico en 2.012 y una caída en 2.013 coincidiendo con los fangos en exceso o biológicos.

Se puede decir, que con diferencia, los fangos primarios son los que se producen en menor cantidad en la EDAR “La Barrosa”, siguiendo de forma suave la misma tendencia aunque menos acusada de los fangos biológicos y de los fangos multiflo.

ANEXO II

Índice

1. ESTIMACIÓN DEL CAUDAL FUTURO.....	2
2. CÁLCULO DE LA POBLACIÓN FUTURA.....	3
3. POBLACIÓN CENSADA Y FUTURA.....	4
4. CAUDALES DE LODOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS.....	8
5. CAUDAL DE DISEÑO EDAR “LA BARROSA”	12
6. CAUDAL DE LODOS EXCEDENTES DE “LA BARROSA”	14
7. CAUDAL DE DISEÑO EDAR “EL TORNO”	17

1. ESTIMACIÓN DEL CAUDAL FUTURO

La línea de lodos objeto de este proyecto, se ha diseñado para un horizonte de 25 años, siendo 2.040 el año objeto de estudio.

Se procederá a la estimación de la población para ese mismo año, no siendo éste el único factor que intervenga en la estimación del caudal, para ello, se ha realizado un estudio de las viviendas que actualmente existen en Chiclana de la Frontera y que no están conectadas a la red, y que se irán anexando a ésta progresivamente, así como, el estudio de construcciones futuras, población en época estival, etc.

Este estudio procedente de empresas asociadas con Chiclana Natural, así como esta misma, han estimado teniendo en cuenta todos estos factores tanto para la EDAR “El Torno”, como para la EDAR “La Barrosa”, que los caudales para los que se tendría que diseñar para un horizonte de 25 años, serían 20.000 m³/día y 19.000 m³/día respectivamente.

En cuanto al estudio del crecimiento de los caudales de Chiclana, se puede decir que en los primeros años del periodo de estudio el aumento de caudal en la cuenca del Iro y Marquesado es mucho más acusado que en Barrosa y Rana Verde, pero luego se estabiliza presentando una velocidad de crecimiento similar en ambos casos.

La depuradora de El Torno tiene un caudal de diseño de 11.472 m³/d y una superficie total de la parcela de 11.888 m². Se estima que esta superficie se amplíe, ocupando una superficie de 16.000 m² para 2.040. El caudal antes mencionado es superado, según los datos facilitados en 2.020, año en el que alcanzaría los 12.000 m³/d superando el caudal para el que está dimensionada la depuradora.

Por tanto, teniendo en cuenta que el diseño de las instalaciones de depuración se llevan a cabo teniendo en cuenta un horizonte de 25 años, se considera la ampliación de la planta hasta el año 2.040. El caudal para ese horizonte de 25 años se estima que sea de 20.000 m³/d para la EDAR “El Torno” y 19.000 m³/día para la EDAR “La Barrosa”.

2. CÁLCULO DE LA POBLACIÓN FUTURA

Respecto al caudal de diseño para el que se estima que se diseñará la planta a 25 años vista, es decir, para el año 2.040, hay varias cosas que hay que tener en cuenta:

Primeramente, Chiclana de la frontera es un municipio que actualmente cuenta con una población censada de 82.812 habitantes, no siendo esta la población real que vierte a las depuradoras, ya que, muchas viviendas no están conectadas a la red de depuración, y otras tantos, no están censados en el municipio pero viven de forma permanente, esta cifra se estima en aproximadamente 10.000 habitantes, sacados de la producción de residuos urbanos.

A esta evolución natural de la población hay que añadirle las futuras anexiones a la red de las viviendas actualmente no conectadas, así como, la construcción de nuevas viviendas, otra cuestión a tener en cuenta sobre todo en el diseño de la depuradora de “La Barrosa”, es el hecho de que en verano la población llega a triplicarse debido al turismo. Todo esto, hace que sea relativamente complicado estimar un caudal de diseño para la depuración de aguas de este municipio.

Se procederá al análisis de la población censada y su evolución hasta el año 2.040.

A partir de estos datos y considerada la evolución previsible de la población llegamos a una población máxima de 133.456 habitantes en el horizonte temporal de diseño.

Las estaciones de depuración, recogerán las aguas residuales pertenecientes a las tres cuencas del término municipal de Chiclana de la frontera: Río Iro, Rana Verde y La Barrosa.

3. POBLACIÓN CENSADA Y FUTURA

Según el Instituto Nacional de Estadística (INE), la población censada ha sido la siguiente:

Año	Población
1.998	55.494
1.999	57.585
2.000	59.857
2.001	61.815
2.002	63.719
2.003	65.694
2.004	68.156
2.005	70.338
2.006	72.364
2.007	74.261
2.008	76.171
2.009	77.293
2.010	78.591
2.011	79.839
2.012	81.113
2.013	82.212

Tabla 1.

Si representamos gráficamente estos datos, obtenemos una regresión tal que:

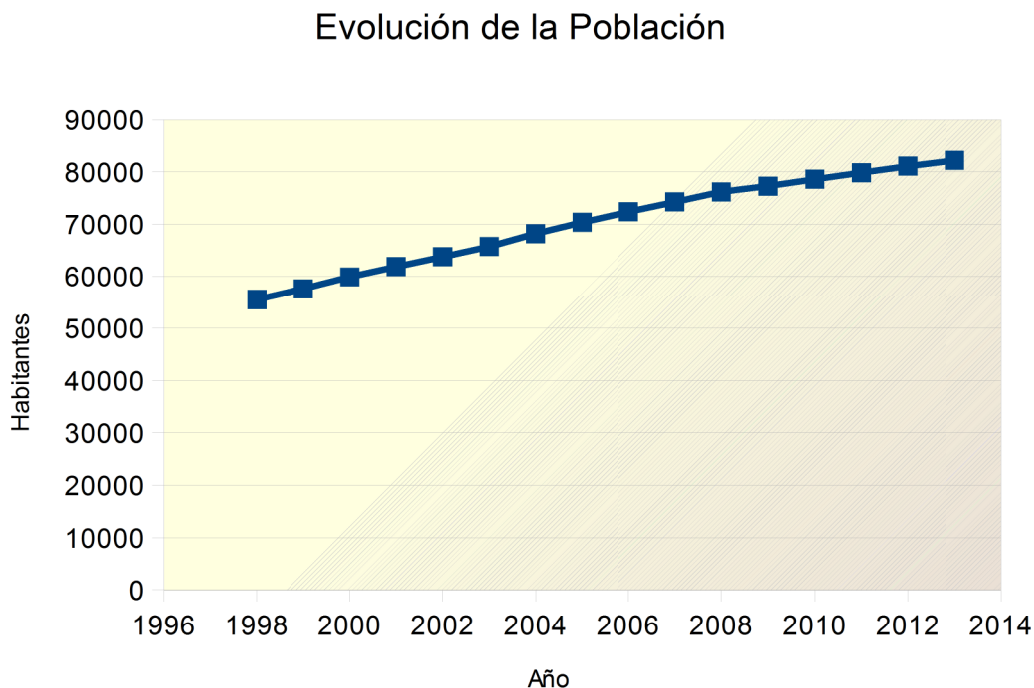


Ilustración 1.

Para la estimación de la población en el año 2033, se utilizará el método aritmético (*Hdez Muñoz, 1997*). El método se basa en considerar un incremento constante de la población y se determina utilizando la ecuación:

$$\frac{dP}{dt} = K \cdot a$$

Donde:

P = Población en miles de habitantes

t = tiempo en años.

Ka = constante de crecimiento aritmético.

Integrando la expresión:

$$\frac{dP}{dt} = K \cdot a$$

Se obtiene la siguiente ecuación:

$$P_2 = P_1 + Ka \cdot (t_2 - t_1)$$

Donde P_2 es la población de Chiclana de la frontera en el tiempo t_2 (el del último censo) y P_1 es la población en el tiempo t_1 .

Con los datos de la tabla 1, expuesta anteriormente, se procederá al cálculo de la población horizonte para el año 2.040.

Se sabe que la población de Chiclana en el año 2002 era de 63.719 habitantes y en 2011 de 79.839 habitantes, aplicando la ecuación que define el método aritmético, obtenemos:

$$Ka = \frac{(P_2 - P_1)}{(t_2 - t_1)}$$

$$Ka = \frac{(79839 - 63719)}{(2011 - 2002)}$$

$$Ka = 1791,11$$

Por tanto, podemos calcular la población en un plazo de 25 años, para el año 2.040 será:

$$P_2 = P_1 + Ka \cdot (t_2 - t_1)$$

$$P_2 = 79839 + 1791,11 \cdot (2040 - 2011)$$

$$P_2 = 131781,19 \text{ habitantes}$$

Con los datos del INE (Instituto Nacional de Estadística), con el censo desde el año 1998 hasta el año 2.013, se ha sacado una relación lineal, para ver la población futura que se estima con estos datos, el resultado es el siguiente:

$$y = a + b \cdot x$$

$$y = 1831,12 x - 3602036,86$$

Con un coeficiente de correlación de $R^2 = 0,989$.

Obteniendo con esta regresión una población estimada mayor para el mismo período de tiempo, por lo que se opta por esta última, siendo la población estimada por este método: 133.456 habitantes.

Como hemos comentado anteriormente, la evolución poblacional no depende únicamente de la predicción de la evolución futura censada del municipio.

La gráfica correspondiente a la evolución de la población, teniendo en cuenta la

regresión lineal y siguiendo la línea de tendencia, es la siguiente:

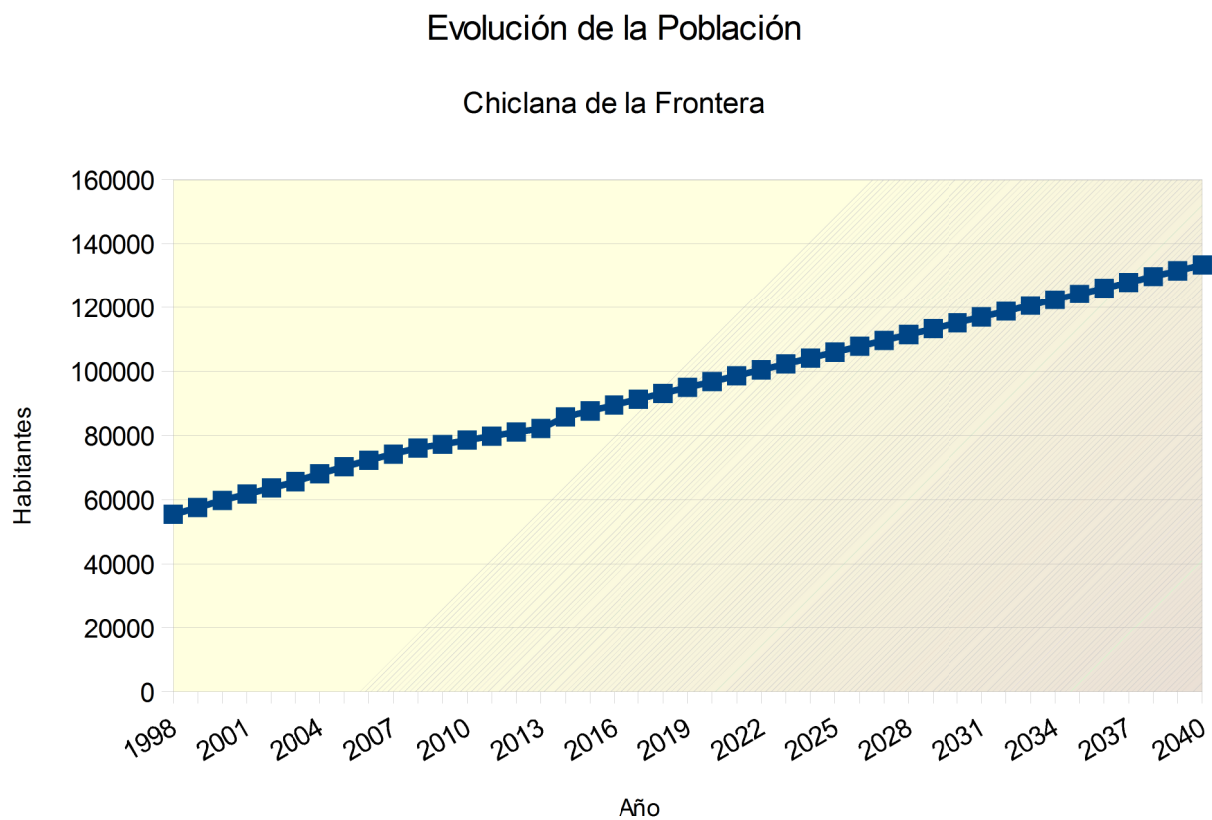


Ilustración 2.

4. CAUDALES DE LODOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS

Se ha realizado un estudio para ver el ratio de producción de lodos de las depuradoras, para ello se han tomado los datos de las depuradoras de “El Torno” y “La Barrosa” en los últimos dos años ya que son los últimos años con los datos más actuales y representativos, y en ellos no se ha producido ninguna incidencia que pueda afectar de forma significativa a los lodos y caudales de la depuradora (tal como ha sucedido en años anteriores debido a inundaciones u otros fenómenos).

Se ha tomado la relación existente entre el caudal de entrada en planta y la generación de fango para sacar el ratio de generación.

EDAR “EL TORNO” 2.013					
MES	Q entrada	Qent digestión	Concentración F.MIXT	lodos que entran en el digestor	Ratio
	m3/mes	m3/mes	g/L	Kg lodos/mes	
ENERO	274597	17122	8,3	142112,6	16,04
FEBRERO	255218	14881	7,7	114583,7	17,15
MARZO	311529	12740	10,6	135044	24,45
ABRIL	287013	12155	9,1	110610,5	23,61
MAYO	269065	22016	9,5	209152	12,22
JUNIO	257784	21714	9,0	195426	11,87
JULIO	244942	18733	6,1	114271,3	13,07
AGOSTO	240248	19992	7,4	147940,8	12,02
SEPTIEMBRE	233533	18870	5,4	101898,0	12,37
OCTUBRE	242554	11418	5,9	67366,2	21,24
NOVIEMBRE	253076	10355	9,3	96301,5	24,44
DICIEMBRE	268669	18886	5,7	107650,2	14,22

Tabla 2.

EDAR "LA BARROSA" 2.013					
MES	Q entrada	Qent digestión	Concentración	lodos que entran en el digestor	Ratio
	m3/mes	m3/mes	g/L	Kg lodos/mes	
ENERO	131279	15702	3,5	54957,0	8,36
FEBRERO	134606	10324	2,8	28907,2	13,04
MARZO	229312	11351	4,4	49944,4	20,20
ABRIL	196730	12627	4,4	55558,8	15,58
MAYO	185467	14380	3,3	47454,0	12,90
JUNIO	206018	14453	3,7	53476,1	14,25
JULIO	294794	15595	4,9	76415,5	18,90
AGOSTO	329757	20709	6,5	134608,0	15,92
SEPTIEMBRE	218657	20947	3,7	77503,9	10,44
OCTUBRE	176344	20726	2,7	55960,2	8,50
NOVIEMBRE	121155	17589	2,0	35178,0	6,88
DICIEMBRE	119228	12921	2,3	29718,3	9,22

Tabla 3.

EDAR "EL TORNO" 2.012					
MES	Q entrada	Qent digestión	Concentración F.MIXT	lodos	Ratio
	m3/mes	m3/mes	g/L	Kg lodos/mes	
ENERO	285406	24997	5,6	139983,2	11,42
FEBRERO	252660	24289	5,2	126302,8	10,40
MARZO	282290	11751	6,2	72856,2	24,02
ABRIL	292507	21158	5,9	124832,2	13,82
MAYO	292115	22483	4,9	110166,7	12,99
JUNIO	277274	18629	5,9	109911,1	14,88
JULIO	262461	18295	5,6	102452	14,35
AGOSTO	260252	20705	7,3	151146,5	12,57
SEPTIEMBRE	275496	23514	12,5	293925,0	11,72
OCTUBRE	293434	21524	9,5	204478,0	13,63
NOVIEMBRE	313125	15668	8,2	128477,6	19,98
DICIEMBRE	273889	17298	8,9	153952,2	15,83

Tabla 4.

EDAR "LA BARROSA" 2012					
MES	Q entrada	Qent digestión	Concentración	lodos	Ratio
	m3/mes	m3/mes	g/L	Kg lodos/mes	
ENERO	130358	6776	7,0	47432,0	19,23
FEBRERO	121601	9280	6,5	60320,0	13,1
MARZO	141075	13255	4,3	56996,5	10,64
ABRIL	182858	14540	5,2	75608,0	12,58
MAYO	191469	10893	5,7	62090,1	17,58
JUNIO	198265	12052	6,0	72312,0	16,45
JULIO	279469	13786	7,5	103395,0	20,27
AGOSTO	316396	15802	7,6	120095,2	20,02
SEPTIEMBRE	225828	15262	5,7	86993,4	14,8
OCTUBRE	199668	13715	4,9	67203,5	14,56
NOVIEMBRE	213157	11175	4,0	44700,0	19,07
DICIEMBRE	125771	11785	3,5	41247,5	10,67

Tabla 5.

Los kilos de lodos que aparecen en las tablas 2, 3, 4 y 5 generados al mes, se obtienen de multiplicar la concentración de dichos lodos por los caudales de entrada al digestor:

$$\frac{Kg \text{ fangos}}{mes} = Q_{entrada \text{ digestor}} \cdot Concentración$$

Mientras que el ratio de generación de lodos se obtiene:

$$Ratio = \frac{Q_{entrada \text{ planta}}}{Q_{fangos}}$$

Se puede observar que la generación de lodos en la EDAR "La Barrosa" es algo mayor que la generación de lodos en la EDAR "El Torno". Se cogerán los ratios de lodos más desfavorables para la estimación de los lodos que se generarán en 2.040, y por tanto, para el diseño de los equipos de la nueva línea de lodos.

Los caudales de entrada al digestor, será la suma de los lodos procedentes del espesador por gravedad y flotación de "El Torno", así como, los lodos procedentes de "La Barrosa" que excedan los 6524,4 Kg lodos/día) de tratamiento máximo de esta depuradora. (Ver: Caudal de lodos excedentes en "La Barrosa" de este mismo anexo).

Como es en este caso, a la hora de diseñar los equipos para el año 2.040, nos pondremos en el caso más desfavorable. El caudal previsto de lodos para 2.040 en la depuradora de "La Barrosa" se obtiene aplicando el ratio de generación de lodos más desfavorable por histórico al caudal de entrada en planta siendo éste $19.000 \text{ m}^3/\text{d}$, que es igual a 8,36, obteniéndose los m^3 de fango al día futuros generados $2.272,72 \text{ m}^3/\text{d}$ (Caudal de diseño EDAR "La Barrosa" de este mismo anexo).

En "El Torno", el caudal previsto de lodos para 2.040 es de $19.000 \text{ m}^3/\text{d}$, siendo la capacidad actual de $11.500 \text{ m}^3/\text{día}$, se estudiará en este mismo anexo los lodos primarios previstos en $10.513,9 \text{ Kg/día}$ y $2.904,6 \text{ Kg/día}$ para el diseño de equipos (Caudal de diseño EDAR "El Torno" de este mismo anexo).

Por tanto, con los kilos de lodos futuros previstos que va a generar la EDAR "La Barrosa" menos la capacidad actual de tratamiento de lodos de la planta, se estimará la cantidad de lodos que deben trasladarse en el caso más desfavorable a la EDAR "El Torno" para su posterior tratamiento.

5. CAUDAL DE DISEÑO EDAR “LA BARROSA”

Se procede a la estimación del caudal para el que se va a diseñar el espesador por gravedad de la EDAR “La Barrosa”.

Como se puede observar en este mismo anexo, del estudio de la población futura censada, y la estimación de habitantes que el municipio tendrá censados, así como los presentes en época estival y futuras anexiones de viviendas que actualmente no están conectadas a la red de saneamiento, se estima que el caudal de llegada a la planta depuradora será de 19.000 m³/día, por lo tanto, como objeto único de diseño en esta depuradora, se procederá al cálculo del espesador por gravedad para ese caudal.

Para el dimensionamiento del espesador, se necesitan los kilos de lodos futuros que se producirán en 2.040.

Para ello, como se ha indicado en este mismo anexo, utilizaremos los ratios de generación de lodos de los últimos dos años (siendo estos años los más próximos a la realidad y más representativos), de forma que para la EDAR “La Barrosa” se obtiene un ratio de generación de lodos de un 8,36 como valor más desfavorable.

Actualmente, la planta está diseñada para abastecer un caudal de 14.000 m³/día, pasando en 2.040 a 19.000 m³/día, esto supone un aumento en 5.000 m³ de la capacidad de tratamiento de la planta.

Por tanto:

$$Q_{2040} = 19000 \frac{m^3}{d}$$

Caudal de entrada en planta para el año 2.040.

Se procede a calcular los kilos de lodos mixtos que generarían estos 19.000 m³/día. Para ello primeramente tenemos que determinar el volumen de lodos que se generarán:

$$Q_{Lodos\ 2040} = \frac{19000 \frac{m^3}{d}}{8,36} = 2272,73 \frac{m^3\ lodos}{d}$$

Estos serían los lodos que se producirían en 2.040 para un caudal de 19000 m³/día.

Para calcular los kilos, se necesita la concentración de esos lodos. Por histórico, en las tablas pertenecientes a esta depuradora (ver anexo I), se obtiene la concentración media de los años desde 2.008 a 2.013, haciendo un promedio de todos ellos, viendo que la concentración media no sufre variaciones significativas a lo largo de esos 6 años, se procede al cálculo de la concentración media:

$$Conc_{media} = \frac{4,86+4,36+5,85+4,80+5,66+3,68}{6} = 4,87 \text{ g/l}$$

Se procede a calcular los kilos de lodos al día previstos para 2.040.

$$C_{Lodos} = 2272,73 \frac{m^3}{d} \cdot 4,87 \frac{g}{l} = 11068,2 \frac{Kg}{d}$$

Estos serían los lodos mixtos a espesar por gravedad, dato utilizado como punto de partida para el diseño.

A partir de este dato, en el Anexo III, se calculará las dimensiones del equipo.

6. CAUDAL DE LODOS EXCEDENTES DE “LA BARROSA”

En este apartado del anexo, se calculará la cantidad de lodos que se generan en la EDAR “La Barrosa” y que no tendrán cabida en un futuro en las instalaciones actuales.

Esto se estima con los kilos de lodos futuros previstos que va a generar la EDAR “La Barrosa” menos la capacidad actual de tratamiento de lodos de la planta, se puede prever la cantidad de lodos que deben trasladarse en el caso más desfavorable a la EDAR “El Torno” para su posterior tratamiento.

$$C_{Exc} = C_{2040} - C_{Act}$$

Siendo:

C_{Exc} : los Kg lodos/mes de excedente que no puede tratar la planta.

C_{2040} : la carga futura prevista de Kg lodos/mes que recibirá la EDAR “La Barrosa”.

C_{Act} : la carga de lodos que puede soportar actualmente la depuradora.

Para ello, partimos de que esta depuradora como se ha comentado anteriormente tiene una capacidad de tratamiento actual de 14.000 m³, que aplicando el ratio más desfavorable de generación de lodos como en el apartado anterior, se obtiene:

$$Q_{Lodos act} = \frac{14000 \frac{m^3}{d}}{8,36} = 1674,64 \frac{m^3 \text{ lodos}}{d}$$

Hay que calcular los kilos de lodos que generan estos 1.674,64 m³/d, para ello se utilizará la concentración media de los años 2.008 a 2.013 de los lodos mixtos, calculada en el apartado anterior.

$$C_{Lodos Act} = 1674,64 \frac{m^3}{d} \cdot 4,87 \frac{g}{l} = 8155,5 \frac{Kg}{d}$$

Se impone un rendimiento de espesado del 80%, siendo la carga de lodos a la salida del espesador la siguiente:

$$C_{SSs} = 0,8 \cdot C_{SSL}$$

Se necesita saber CSSL, por tanto:

$$C_{SSL} = 1674,64 \frac{m^3}{d} \cdot 4,87 \frac{g}{l} = 8155,5 \frac{Kg}{d}$$

Sustituyendo tenemos:

$$C_{SSs} = 0,8 \cdot C_{SSL} = 0,8 \cdot 8155,5 \frac{Kg}{d} = 6524,4 \frac{Kg}{d}$$

Estos serían los kilos al día que saldrían espesados, para hallar el volumen de estos lodos, se procede la siguiente forma:

$$Q_{LE} = \frac{C_{SSs}}{[SS]_{LE}} = \frac{6524,4 \frac{Kg}{d}}{80 \frac{Kg}{m^3}} = 81,55 \frac{m^3}{d}$$

La diferencia entre el caudal generado por estos y los futuros, será lo que se traslade a “El Torno” para su posterior digestión anaerobia.

Se comprobará el exceso de caudal en la planta, para ello, se compara los datos futuros en 2.040 con los actuales, siendo los lodos generados en 2.040 (como se ha calculado en el apartado anterior del presente anexo) :

$$C_{Lodos} = 2272,73 \frac{m^3}{d} \cdot 4,87 \frac{g}{l} = 11068,2 \frac{Kg}{d}$$

Se impone un rendimiento de espesado del 80%, siendo la carga de lodos a la salida del espesador la siguiente:

$$C_{SSs} = 0,8 \cdot C_{SSL}$$

$$C_{SSs} = 0,8 \cdot C_{SSL} = 0,8 \cdot 11068,2 \frac{Kg}{d} = 8854,56 \frac{Kg}{d}$$

Siendo el caudal de lodos espesados en el futuro procedentes del espesador por gravedad, con una concentración de salida de 80 kg/m³ el siguiente:

$$Q_{LE} = \frac{C_{SSs}}{[SS]_{LE}} = \frac{8854,56 \frac{Kg}{d}}{80 \frac{Kg}{m^3}} = 110,68 \frac{m^3}{d}$$

Por tanto, la diferencia de caudal de espesado de lodos existente entre el previsto en 2.040 y el caudal máximo de la EDAR, es el excedente que se trasladaría a la estación de “El Torno” para la digestión de los lodos, siendo el caso previsto el más desfavorable.

$$Q_{Excedente} = Q_{2040} - Q_{Act} = 110,68 \frac{m^3}{d} - 81,55 \frac{m^3}{d} = 29,13 \frac{m^3}{d}$$

Que generarían unos kilos de lodos después del espesado de:

$$C_{SS\text{ }LEBarrosa-Torno} = 29,13 \frac{m^3}{d} \cdot 80 \frac{Kg}{m^3} = 2330,4 \frac{Kg}{d}$$

Estos lodos ocuparían unos 30 m³ al día, por lo que necesitaríamos dos camiones para el traslado de los mismos a la EDAR “El Torno”. Dato que nos indica que sería viable.

7. CAUDAL DE DISEÑO EDAR “EL TORNO”

Se procede a la estimación del caudal para el que se va a diseñar los equipos que componen la línea de lodos.

Como se ha comentado anteriormente, el caudal futuro de llegada a la planta depuradora será de 20.000 m³/día , por lo tanto, se procederá al cálculo de los lodos generados para este caudal.

Para el dimensionamiento de los equipos implicados en la línea de fango, se necesitan los kilos de lodos que se producirán en 2.040.

Para ello, partiendo de los datos del Anexo I y de las tablas en él expuestas desde el año 2.008 a 2.013 de volúmenes de fango primario y en exceso generados, se comprueba que el porcentaje de fango primario generado para cada uno de los años es:

Año	% Fango Primario
2.013	53,32
2.012	67,46
2.011	61,83
2.010	69,51
2.009	69,33
2.008	81,65

Tabla 6.

Obteniendo este porcentaje, en función de los lodos mixtos, así como de los lodos en exceso:

$$\%Fango\ primario = \frac{F.P \cdot 100}{F.P + F.E}$$

Siendo:

F.P: Lodos primarios (m³/mes)

F.E: Lodos en exceso (m³/mes)

Se puede estimar el porcentaje de lodos primarios que contendrá el caudal de lodos futuros, para ello, se realizará un promedio de los porcentajes de la tabla 6.

Obteniendo un resultado de:

$$\%Fango\ primario = \frac{53,32+67,46+61,83+69,51+69,33+81,65+70,72}{6} = 67,18 \%F.P$$

Podemos decir que un 68% de los lodos generados serán lodos primarios, mientras que un 32% de los lodos corresponderán a lodos en exceso.

Actualmente, la planta está diseñada para abastecer un caudal de 11.500 m³/día, pasando en 2.040 a 20.000 m³/día, esto supone un aumento en 8.500 m³ de la capacidad de tratamiento de la planta.

Por tanto:

$$Q_{2040} = 20000 \frac{m^3}{d}$$

Para calcular los kilos de lodos mixtos que generarían estos 20.000 m³/día, como se ha indicado en este mismo anexo, utilizaremos los ratios de generación de lodos de los últimos dos años, de forma que para la EDAR “El Torno” se obtiene un ratio de generación de lodos de un 10,4 como valor más desfavorable, valor tomado de la tabla 4 de este mismo Anexo.

Primeramente tenemos que determinar el volumen de lodos que se generarán en 2.040:

$$Q_{Lodos\ 2040} = \frac{20000 \frac{m^3}{d}}{10,4} = 1923,08 \frac{m^3\ lodos}{d}$$

Estos serían los lodos totales que se producirían a la entrada de 20.000 m³/día en 2.040. Este volumen corresponde a la mezcla de lodos primarios y en exceso, por tanto, se tiene que diferenciar qué porcentaje de estos lodos corresponden a los lodos primarios y cuál a los lodos en exceso, para ello, con los datos del anexo I, por histórico de lodos, sacaremos el porcentaje de lodos primarios y lodos en exceso cuya mezcla forma los lodos mixtos.

Se procederá a coger la media de todos los caudales de lodos primarios generados en todos meses de un año de 2.008 a 2.013, obteniendo:

Año	LODOS PRIMARIOS (m3/mes)
2.013	8.836,58
2.012	14.128,33
2.011	9.686,42
2.010	14.578,33
2.009	19.768,50
2.008	29.690,92

Tabla 7.

Así mismo, los caudales de lodos en exceso son:

Año	LODOS EXCESO (m3/mes)
2.013	7.736,83
2.012	6.814,25
2.011	5.980,25
2.010	6.393,92
2.009	8.743,08
2.008	6.670,58

Tabla 8.

Los lodos mixtos son el resultado de la suma de ambos:

Año	LODOS MIXTOS (m3/mes)
2.013	16.573,42
2.012	20.942,58
2.011	15.666,67
2.010	20.972,25
2.009	28.511,58
2.008	36.361,50

Tabla 9.

Por lo tanto, se puede calcular el porcentaje de lodos primarios y en exceso contenido en los lodos mixtos.

Se procede al cálculo del porcentaje de lodos primarios para cada uno de los años, procediendo de la siguiente forma:

$$\%F.Primario = \frac{Q_{F.P} \cdot 100}{Q_{F.M}}$$

Siendo:

F.P: Lodo primario

F.M: Lodo mixto.

Se obtiene la siguiente tabla:

Año	% LODOS PRIMARIOS
2.013	53,32
2.012	67,46
2.011	61,83
2.010	69,51
2.009	69,33
2.008	81,65
Media (2.008-2.013)	67,69

Tabla 10.

Haciendo la media de los porcentajes de lodo primario durante todos estos años, se obtiene un porcentaje del 68% de lodos primarios contenidos en los lodos mixtos.

De igual forma se obtiene el porcentaje de lodos en exceso:

$$\%F.Exceso = \frac{Q_{F.E} \cdot 100}{Q_{F.M}}$$

Siendo:

F.E: Lodo exceso

F.M: Lodo mixto.

Se obtiene la siguiente tabla:

Año	% LODOS EXCESO
2.013	46,68
2.012	32,54
2.011	38,17
2.010	30,49
2.009	30,67
2.008	18,35
Media (2.008-2.013)	32,31

Tabla 11.

Haciendo la media de los porcentajes de lodo exceso durante todos estos años, se obtiene un porcentaje del 32% de lodos en exceso contenido en los lodos mixtos.

Aplicando estos porcentajes a el caudal de lodos mixtos previamente calculado, se obtendrá los caudales en m³/día de cada uno de estos lodos.

$$Q_{Lodos\ 2040} = 1923,08 \frac{m^3\ lodos}{d}$$

De lodos primarios:

$$Q_{Lodos\ Primarios\ 2040} = 1923,08 \frac{m^3\ lodos}{d} \cdot 0,68 = 1307,7 \frac{m^3}{d}$$

De lodos en exceso:

$$Q_{Lodos\ Exceso\ 2040} = 1923,08 \frac{m^3\ lodos}{d} \cdot 0,32 = 615,38 \frac{m^3}{d}$$

Para calcular los kilos de cada uno de estos lodos, se necesita la concentración de los mismos. Por histórico, del anexo I, de las tablas se obtiene la concentración media de los años desde 2.008 a 2.013, haciendo un promedio de todos ellos, se tiene:

Año	LODOS PRIMARIOS Concentración (Kg/m3)
2.013	10,60
2.012	8,28
2.011	8,26
2.010	7,87
2.009	8,71
2.008	4,54
Media (2.008-2.013)	8,04

Tabla 12.

$$Conc_{media\ F.P} = \frac{10,60 + 8,28 + 8,26 + 7,87 + 8,71 + 4,54 + 8,04}{6} = 8,04\ g/l$$

Se procede a calcular los kilos de lodos al día previstos para 2.040.

$$C_{Lodos\ F.P} = 1307,7 \frac{m^3}{d} \cdot 8,04 \frac{g}{l} = 10513,9 \frac{Kg}{d}$$

Estos serían los lodos primarios a espesar por gravedad.

A partir de este dato, se dimensionará el equipo.

De la misma forma se opera para el cálculo de la concentración de los lodos en exceso:

Año	LODOS EXCESO Concentración (Kg/m3)
2.013	4,48
2.012	4,73
2.011	4,83
2.010	5,38
2.009	4,38
2.008	4,53
Media (2.008-2.013)	4,72

Tabla 13.

Se procede a calcular los kilos de lodos al día previstos para 2.040.

$$C_{Lodos F.E} = 615,38 \frac{m^3}{d} \cdot 4,72 \frac{g}{l} = 2904,6 \frac{Kg}{d}$$

Estos serían los lodos en exceso a espesar por flotación.

ANEXO III

Índice

1. CÁLCULO DEL ESPESADOR POR GRAVEDAD EDAR “LA BARROSA”	2
1.1. Volumen necesario.....	3
1.2. Superficie necesaria.....	3
1.3. Comprobación de la carga de sólidos.....	4
1.4. Dimensiones unitarias.....	4
1.5. Comprobación de los parámetros de diseño.....	5
1.6. Purga de lodos.....	6
2. CÁLCULO DEL ESPESADOR POR GRAVEDAD EDAR “EL TORNO”	7
2.1. Volumen necesario.....	8
2.2. Superficie necesaria.....	8
2.3. Comprobación de la carga de sólidos.....	9
2.4. Dimensiones unitarias.....	9
2.5. Comprobación de los parámetros de diseño.....	10
2.6. Purga de lodos.....	11
3. CÁLCULO DEL ESPESADOR POR FLOTACIÓN EDAR “EL TORNO”	12
3.1. Lodos a espesar.....	13
3.2. Cálculo de la recirculación.....	13
3.3. Cálculo del área necesaria.....	13
3.4. Comprobación de la carga de sólidos.....	14
3.5. Dimensiones unitarias.....	14
3.6. Comprobaciones.....	15
3.6.1. Tiempo de retención.....	15
3.6.2. Carga hidráulica.....	15
3.6.3. Carga de sólidos.....	15
3.7. Relación aire/sólidos.....	15
3.8. Calderín de presurización.....	16
3.9. Purga de lodos.....	16
4. DIGESTOR ANAEROBIO DE LODOS MIXTOS.....	18
4.1. Tiempo de retención de sólidos.....	20
4.2. Cálculo del rendimiento en reducción de SSV.....	20
4.3. Cálculo del volumen del digestor.....	22
4.4. Dimensiones unitarias.....	22
4.5. Comprobación de la carga de sólidos volátiles.....	25
4.6. Agitación del digestor.....	25
4.7. Calentamiento del digestor.....	26
4.7.1. Cantidad de calor necesaria para el calentamiento del fango.....	27
4.7.2 Cálculo de superficies de paredes, solera y cubierta.....	27
4.7.3 Cálculo de los coeficientes de conductividad.....	28
4.7.4 Cálculo de las pérdidas de calor.....	29
4.7.5 Capacidad necesaria del intercambiador de calor.....	30
4.7.6 Necesidades energéticas para el calentamiento del digestor.....	31
4.8. Almacenamiento de gas y quemador.....	33
5. CENTRÍFUGA.....	35
6. TOLVA DE ALMACENAMIENTO.....	36

1. CÁLCULO DEL ESPESADOR POR GRAVEDAD EDAR “LA BARROSA”

Los lodos que llegan al espesador por gravedad de la EDAR “La Barrosa”, provienen de los decantadores primarios, secundarios y Multiflo, por tanto son lodos mixtos.

Los parámetros de diseño recomendados se recogen en la siguiente tabla:

PARÁMETRO	VALOR
Carga de sólidos ($kg/m^2 \cdot d$)	40-70
Carga hidráulica ($m^3/m^2 \cdot h$)	$\leq 0,9$
Altura del espesador (m)	2,5-3
Tiempo de retención (h)	≤ 24
Concentración fango espesado (%)	4-7

*Tabla 1. Valores de diseño recomendados para el espesador
(Manual de Diseño de Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales, 1997)*

Los parámetros iniciales de diseño que se adoptan:

Parámetro	Valor
C_{SOL}	110
V_{asc}	1,2
θ	24
$[SS]_L$	4,87
$[SS]_{LE}$	80
t	8
Captura de sólidos	90
Q_L	2272,73

Tabla 2.

- C_{SOL} : Carga de sólidos ($kg SST/m^2 \cdot d$)
- V_{asc} : Carga hidráulica ($m^3/m^2 \cdot h$)
- h: Altura del espesador (m)
- θ : Tiempo hidráulico de residencia (h)
- $[SS]_L$: Concentración del fango de entrada
- $[SS]_{LE}$: Concentración fango espesado ($kg SST/m^3$)
- t: Tiempo de operación de bombeo de fangos (h)
- Captura de sólidos en el espesador por gravedad (%)
- Q_L : Caudal de lodos (m^3/d)

1.1. Volumen necesario

El volumen del espesador se calcula con el caudal de lodos y el tiempo de retención mínimo de estos:

$$V_{EG} = \frac{C_{SSL}}{[SS]_L} \cdot \theta = \frac{11068,2 \frac{Kg}{d}}{4,87 \frac{Kg}{m^3}} \cdot 24h \cdot \frac{1d}{24h} = 2272,73 m^3$$

1.2. Superficie necesaria

Para hallar el área necesaria, ésta viene dada por la siguiente ecuación:

$$A_{EG} = \frac{Q_{BF}}{V_{asc}}$$

Siendo Q_{BF} , el caudal de bombeo de fangos durante el tiempo de operación, estimado en 8 horas. Para hallar este dato, se procede de la siguiente forma:

$$Q_{BF} = \frac{Q_L}{8} = \frac{2272,73 \frac{m^3}{d}}{8 \frac{h}{d}} = 284,09 \frac{m^3}{h}$$

En un día el tiempo de bombeo de fangos es 8 horas, por tanto, el caudal horario será de: 289,09 m³/h.

Una vez que se sabe el caudal horario de bombeo de fangos, se procede al cálculo de la superficie:

$$A_{EG} = \frac{Q_{BF}}{V_{asc}} = \frac{284,09 \frac{m^3}{h}}{0,9 \frac{m^3}{m^2 \cdot h}} = 315,65 m^2$$

Se utiliza una unidad circular de diámetro:

$$A = \pi \cdot r^2$$



El diámetro en función del área:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{EG}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 315,65 \text{ m}^2}{\pi}} = 20,04 \text{ m}$$

1.3. Comprobación de la carga de sólidos

Se procede a calcular la carga de sólidos, como el resultado de la carga de lodos entre el área del espesador:

$$C_{sol} = \frac{C_{SSL}}{A_{EG}} = \frac{11068,2 \frac{\text{Kg}}{d}}{315,65 \text{ m}^2} = 35,06 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2 \cdot d}$$

Este valor resultante es menor que el indicado en la tabla 1, por lo tanto, es necesario que la superficie disminuya para aumentar la carga de sólidos, tomando el valor de referencia 70 kg SST/m²·d, se obtiene un área de:

$$A_{EG} = \frac{C_{SSL}}{C_{sol}} = \frac{11068,2 \frac{\text{Kg}}{d}}{40 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2 \cdot d}} = 276,70 \text{ m}^2$$

1.4. Dimensiones unitarias

Se procede primeramente con el cálculo de la altura:

$$h = \frac{V_{EG}}{A_{EG}} = \frac{2272,73 \text{ m}^3}{273,70 \text{ m}^2} = 8,21 \text{ m}$$

Como la altura máxima recomendable es de 3 metros, se modificará el área necesaria para el espesamiento de fangos, haciendo la altura del espesador 3 metros.

$$A_{EG} = \frac{V_{EG}}{h} = \frac{2272,73 \text{ m}^3}{3 \text{ m}} = 757,57 \text{ m}^2$$

Se vuelve a calcular el diámetro con esta nueva área:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{EG}}{\pi}} = 31,05 \text{ m}$$

Se adopta un radio de 16 metros, por lo que el área real y el volumen real serán:

$$A_{EGreal} = 804,25 \text{ m}^2$$

$$V_{EGreal} = A_{EGreal} \cdot h = 804,25 \text{ m}^2 \cdot 3 \text{ m} = 2412,74 \text{ m}^3$$

1.5. Comprobación de los parámetros de diseño

Se comprueba en primer lugar la carga de sólidos, ésta tiene que ser menor de 70 kg SST/m²·d.

$$C_{sol} = \frac{C_{SSL}}{A_{EG}} = \frac{11068,2 \frac{\text{Kg}}{\text{d}}}{804,25 \text{ m}^2} = 13,76 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{d}}$$

Se cumple la condición impuesta en la tabla 1.

Se comprueba que la carga hidráulica sea menor de 1,2 m³/m²·h

$$V_{asc} = \frac{Q_{BF}}{A_{EG}} = \frac{284,09 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{804,25 \text{ m}^2} = 0,35 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{h}}$$

Se cumple la condición impuesta en la tabla 1.

De igual forma se comprueba que el tiempo de retención sea igual o mayor a 24 horas.

$$\theta = \frac{V_{EG} \cdot [SS]_L \cdot 24}{C_{SSL}} = \frac{2412,74 \text{ m}^3 \cdot 4,87 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \cdot 24}{11068,2 \frac{\text{Kg}}{\text{d}}} = 24 \text{ h}$$

Podemos decir, al comprobar estos valores que el dimensionamiento es válido.

Se opta por instalar dos espesadores de 16 metros de diámetro cada uno, por lo que se vuelve a recalcular el volumen real de los mismos, obteniendo dos unidades de:

- Volumen unitario de 603,18 m³
- Área de 201,06 m²
- Altura 3 m

1.6. Purga de lodos

Como se ha comentado en el comienzo de este apartado, el rendimiento de captura de sólidos del espesador es del 80%, se escogerán los parámetros de diseño que nos lleven al caso más desfavorable, según esto, se pueden calcular los fangos que hay en la corriente de salida de la siguiente forma:

$$C_{SSs} = 0,8 \cdot C_{SSL} = 0,8 \cdot 11068,2 \frac{Kg}{d} = 8854,56 \frac{Kg}{d}$$

Siendo C_{SSs} , los Kg SS/día a la salida del espesador.

Para hallar el caudal de salida de los fangos del espesador, se necesita la concentración de salida, definida anteriormente como 80 Kg SST/ m³. Por tanto, el caudal de salida será igual a:

$$Q_{LE} = \frac{C_{SSs}}{[SS]_{LE}} = \frac{8854,56 \frac{Kg}{d}}{80 \frac{Kg}{m^3}} = 110,68 \frac{m^3}{d}$$

Se puede sacar por tanto, la cantidad de fangos en el sobrenadante, siendo:

$$C_{Sob} = (1 - 0,8) \cdot C_{SSL} = (1 - 0,8) \cdot 11068,2 \frac{Kg}{d} = 2213,64 \frac{Kg}{d}$$

Siendo C_{sob} la cantidad de fangos en el sobrenadante.

Suponiendo la evaporación despreciable, se puede calcular el caudal de sobrenadante por un balance; siendo éste el resultado de la resta del caudal de entrada y el caudal de salida del espesador.

$$Q_{Sob} = Q_L - Q_{LE} = 2272,73 \frac{m^3}{d} - 110,68 \frac{m^3}{d} = 2162,05 \frac{m^3}{d}$$

La concentración del sobrenadante se obtiene a partir de la carga de sólidos y el caudal, siendo:

$$[SS]_{Sob} = 1,02 \frac{kg}{m^3}$$

Este caudal de fangos, es el que se recircula hasta cabecera de planta, para volver a pasar todo el proceso de depuración.

2. CÁLCULO DEL ESPESADOR POR GRAVEDAD EDAR “EL TORNO”

Los lodos que llegan al espesador por gravedad, provienen de la decantación primaria.

Los parámetros de diseño recomendados se recogen en la siguiente tabla:

PARÁMETRO	VALOR
Carga de sólidos ($kg/m^2 \cdot d$)	90-130
Carga hidráulica ($m^3/m^2 \cdot h$)	$\leq 1,40$
Altura del espesador (m)	2,5-3
Tiempo de retención (h)	≤ 24
Concentración fango espesado (%)	8-10

*Tabla 3. Valores de diseño recomendados para el espesador
(Manual de Diseño de Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales, 1997)*

Los parámetros iniciales de diseño que se adoptan:

Parámetro	Valor
C_{SOL}	110
V_{asc}	1,2
θ	24
$[SS]_L$	8,04
$[SS]_{LE}$	80
t	8
Captura de sólidos	90

Tabla 4

- C_{SOL} : Carga de sólidos ($kg SST/m^2 \cdot d$)
- V_{asc} : Carga hidráulica ($m^3/m^2 \cdot h$)
- h: Altura del espesador (m)
- θ : Tiempo hidráulico de residencia (h)
- $[SS]_L$: Concentración del fango de entrada
- $[SS]_{LE}$: Concentración fango espesado ($kg SST/m^3$)
- t: Tiempo de operación de bombeo de fangos (h)
- Captura de sólidos en el espesador por gravedad (%)

2.1. Volumen necesario

El volumen del espesador se calcula con el caudal de lodos y el tiempo de retención mínimo de estos:

$$V_{EG} = \frac{C_{SSL}}{[SS]_L} \cdot \theta = \frac{10513,9 \frac{Kg}{d}}{8,04 \frac{Kg}{m^3}} \cdot 24h \cdot \frac{1d}{24h} = 1307,7 m^3$$

2.2. Superficie necesaria

Para hallar el área necesaria, ésta viene dada por la siguiente ecuación:

$$A_{EG} = \frac{Q_{BF}}{V_{asc}}$$

Siendo Q_{BF} , el caudal de bombeo de fangos durante el tiempo de operación, estimado en 8 horas. Para hallar este dato, se procede de la siguiente forma:

$$Q_{BF} = \frac{Q_L}{8} = \frac{1307,7 \frac{m^3}{d}}{8 \frac{h}{d}} = 163,46 \frac{m^3}{h}$$

En un día el tiempo de bombeo de fangos es 8 horas, por tanto, el caudal horario será de: 289,09 m³/h.

Una vez que se sabe el caudal horario de bombeo de fangos, se procede al cálculo de la superficie:

$$A_{EG} = \frac{Q_{BF}}{V_{asc}} = \frac{163,46 \frac{m^3}{h}}{1,2 \frac{m^3}{m^2 \cdot h}} = 136,22 m^2$$

Se utiliza una unidad circular de diámetro:

$$A = \pi \cdot r^2$$



El diámetro en función del área:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{EG}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 136,22 \text{ m}^2}{\pi}} = 13,17 \text{ m}$$

2.3. Comprobación de la carga de sólidos

Se procede a calcular la carga de sólidos, como el resultado de la carga de lodos entre el área del espesador:

$$C_{sol} = \frac{C_{SSL}}{A_{EG}} = \frac{10513,9 \frac{\text{Kg}}{d}}{136,22 \text{ m}^2} = 77,18 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2 \cdot d}$$

Este valor resultante es menor que el indicado en la tabla 3, por lo tanto, es necesario que la superficie disminuya para aumentar la carga de sólidos, tomando el valor de referencia $110 \text{ kg SST/m}^2 \cdot d$, se obtiene un área de:

$$A_{EG} = \frac{C_{SSL}}{C_{sol}} = \frac{10513,9 \frac{\text{Kg}}{d}}{110 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2 \cdot d}} = 95,58 \text{ m}^2$$

2.4. Dimensiones unitarias

Se procede primeramente con el cálculo de la altura:

$$h = \frac{V_{EG}}{A_{EG}} = \frac{1307,7 \text{ m}^3}{95,58 \text{ m}^2} = 13,68 \text{ m}$$

Como la altura máxima recomendable es de 3 metros, se modificará el área necesaria para el espesamiento de fangos, haciendo la altura del espesador 3 metros.

$$A_{EG} = \frac{V_{EG}}{h} = \frac{1307,7 \text{ m}^3}{3 \text{ m}} = 435,9 \text{ m}^2$$

Se vuelve a calcular el diámetro con esta nueva área:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 435,9 \text{ m}^2}{\pi}} = 23,56 \text{ m}$$

Se adopta un diámetro de 24 metros, por lo que el área real y el volumen real serán:

$$A_{EGreal} = 452,39 m^2$$

$$V_{EGreal} = A_{EGreal} \cdot h = 452,39 m^2 \cdot 3m = 1357,17 m^3$$

Se opta por instalar dos espesadores de 12 metros de diámetro cada uno, obteniendo dos unidades de:

- Volumen unitario de 678,58 m³
- Área de 201,06 m²
- Altura 3 m

2.5. Comprobación de los parámetros de diseño

Se comprueba en primer lugar la carga de sólidos, ésta tiene que ser menor de 110 kg SST/m²·d.

$$C_{sol} = \frac{C_{SSL}}{A_{EG}} = \frac{10513,9 \frac{Kg}{d}}{452,39 m^2} = 23,24 \frac{Kg}{m^2 \cdot d}$$

Se cumple la condición impuesta en la tabla 3.

Se comprueba que la carga hidráulica sea menor de 1,4 m³/m²·h

$$V_{asc} = \frac{Q_{BF}}{A_{EG}} = \frac{163,46 \frac{m^3}{h}}{452,39 m^2} = 0,36 \frac{m^3}{m^2 \cdot h}$$

Se cumple la condición impuesta en la tabla 3.

De igual forma se comprueba que el tiempo de retención sea igual o mayor a 24 horas.

$$\theta = \frac{V_{EG} \cdot [SS]_L \cdot 24}{C_{SSL}} = \frac{1307,7 m^3 \cdot 8,04 \frac{Kg}{m^3} \cdot 24}{10513,9 \frac{Kg}{d}} = 24h$$

Podemos decir, al comprobar estos valores que el dimensionamiento es válido.

2.6. Purga de lodos

Como se ha comentado en el comienzo de este apartado, el rendimiento de captura de sólidos del espesador es del 80%, se escogerán los parámetros de diseño que nos lleven al caso más desfavorable, según esto, se pueden calcular los fangos que hay en la corriente de salida de la siguiente forma:

$$C_{SSE} = 0,8 \cdot C_{SSL} = 0,8 \cdot 10513,9 \frac{Kg}{d} = 8411,12 \frac{Kg}{d}$$

Siendo C_{SSs} , los Kg SS/día a la salida del espesador.

Para hallar el caudal de salida de los fangos del espesador, se necesita la concentración de salida, definida anteriormente como 80 Kg SST/ m³. Por tanto, el caudal de salida será igual a:

$$Q_{LE} = \frac{C_{SSs}}{[SS]_{LE}} = \frac{8411,12 \frac{Kg}{d}}{80 \frac{Kg}{m^3}} = 105,14 \frac{m^3}{d}$$

Se puede sacar por tanto, la cantidad de fangos en el sobrenadante, siendo:

$$C_{Sob} = (1 - 0,8) \cdot C_{SSL} = (1 - 0,8) \cdot 10513,9 \frac{Kg}{d} = 2102,78 \frac{Kg}{d}$$

Siendo C_{sob} la cantidad de fangos en el sobrenadante.

Suponiendo la evaporación despreciable, se puede calcular el caudal de sobrenadante por un balance; siendo éste el resultado de la resta del caudal de entrada y el caudal de salida del espesador.

$$Q_{Sob} = Q_L - Q_{LE} = 1307,7 \frac{m^3}{d} - 105,14 \frac{m^3}{d} = 1202,56 \frac{m^3}{d}$$

La concentración del sobrenadante se obtiene a partir de la carga de sólidos y el caudal, siendo:

$$[SS]_{Sob} = 1,75 \frac{kg}{m^3}$$

Este caudal de fangos, es el que se recircula hasta cabecera de planta, para volver a pasar todo el proceso de depuración.

3. CÁLCULO DEL ESPESADOR POR FLOTACIÓN EDAR “EL TORNO”

Los fangos biológicos son espesados mediante flotación por aire disuelto (FAD).

Los parámetros de diseño recomendados se recogen en la siguiente tabla:

PARÁMETRO	VALOR
Carga de sólidos ($kg/m^2 \cdot d$)	3,1-4,2
Carga hidráulica ($m^3/m^2 \cdot h$)	3-5
Relación aire-fango (Kg_{aire}/Kg_{fango})	0,01-0,06
Tiempo de retención (min)	20-80
Concentración fango espesado (%)	3-4

*Tabla 5. Valores de diseño recomendados para el espesador por flotación.
(Manual de Diseño de Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales, 1997)*

Los parámetros iniciales de diseño que se adoptan:

Parámetro	Valor
C_{SOL}	4
V_{asc}	3
θ	1
t	16
C_{SSL}	2904,6
$[SS]_L$	4,72
Q_L	615,38

Tabla 6. (Hdez Muñoz)

- C_{SOL} : Carga de sólidos ($kg\ SST/m^2 \cdot d$)
- V_{asc} : Carga hidráulica ($m^3/m^2 \cdot h$)
- h : Altura del espesador (m)
- θ : Tiempo hidráulico de residencia (h)
- $[SS]_L$: Concentración del fango de entrada
- $[SS]_{LE}$: Concentración fango espesado ($kg\ SST/m^3$)
- t : Tiempo de operación de bombeo de fangos (h)
- Captura de sólidos en el espesador por gravedad (%)
- Q_L : Caudal de fangos en exceso (m^3/d)

3.1. Lodos a espesar

Se procede a calcular el caudal horario de lodos a espesar:

$$Q_L = \frac{C_{SSL}}{[SS]_L} = \frac{2904,6 \frac{Kg}{d}}{4,72 \frac{Kg}{m^3}} = 615,38 \frac{m^3}{d}$$

Este caudal es el que se pretende bombear en 16 horas, por tanto, el caudal horario será:

$$Q_{BFh} = \frac{Q_{BF}}{16 \frac{h}{d}} = \frac{615,38 \frac{m^3}{d}}{16 \frac{h}{d}} = 38,46 \frac{m^3}{h}$$

3.2. Cálculo de la recirculación

Se adopta un caudal de recirculación del 200% sobre el caudal medio, a una presión de 6 kg/cm².

$$Q_r = \frac{200}{100} \cdot Q_{BFh} = \frac{200}{100} \cdot 38,46 \frac{m^3}{h} = 76,92 \frac{m^3}{h}$$

3.3. Cálculo del área necesaria

Se procede a calcular el área del espesador por flotación en función de los caudales de bombeo y la carga hidráulica:

$$A_{EF} = \frac{Q_{BFh} + Q_r}{v_{asc}} = \frac{38,46 \frac{m^3}{h} + 76,92 \frac{m^3}{h}}{3 \frac{m^3}{m^2 \cdot h}} = 38,46 m^2$$

Con este área se calcula el diámetro:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{EF}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 38,46 m^2}{\pi}} = 7m$$

3.4. Comprobación de la carga de sólidos

Se procede la siguiente forma para calcular la carga de sólidos:

$$C_{sol} = \frac{C_{SSL}}{A_{EFreal} \cdot 16} = \frac{2904,6 \frac{Kg}{d}}{38,46 m^2 \cdot 16 \frac{h}{d}} = 4,72 \frac{Kg}{m^2 \cdot h}$$

La carga de sólidos es mayor que la admitida en las premisas iniciales, por tanto, se procede con el cálculo de una nueva área que se adapte a los parámetros impuestos inicialmente en la tabla 5, despejando de la ecuación anterior y adoptando una carga de sólidos de 4 Kg/m²·h, tenemos:

$$A_{EFreal} = \frac{C_{SSL}}{C_{sol} \cdot 16} = \frac{2904,6 \frac{Kg}{d}}{4 \frac{Kg}{m^2 \cdot h} \cdot 16 \frac{h}{d}} = 45,38 m^2$$

Por tanto, 45,38 m² es el área, siendo el diámetro del espesador por flotación:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{EF}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 45,38 m^2}{\pi}} = 7,6 m$$

Redondeamos el diámetro a 8 metros, y se obtendrá un área real de:

$$A_{EFreal} = \pi \frac{D^2}{4} = \pi \frac{8^2}{4} = 50,27 m^2$$

3.5. Dimensiones unitarias

Se adopta una altura sobre vertedero máxima de 3 metros, pudiendo calcular el volumen en función de la altura y el área real calculada en el apartado anterior.

$$V_{EGreal} = A_{EFreal} \cdot h = 50,27 m^2 \cdot 3m = 150,81 m^3$$

Se opta por instalar un espesador de 8 metros de diámetro, con las siguientes características:

- Volumen unitario de 150,81 m³
- Área de 50,27 m²
- Altura 3 m

3.6. Comprobaciones

3.6.1. Tiempo de retención

$$\theta = \frac{V_{EF}}{Q_{BFh} + Q_r} = \frac{150,81 m^3}{38,46 \frac{m^3}{h} + 76,92 \frac{m^3}{h}} = 1,31 h$$

Este tiempo tiene que ser mayor o igual a una hora, por lo que cumple las condiciones impuestas inicialmente.

3.6.2. Carga hidráulica

$$v_{asc} = \frac{Q_{BFh} + Q_r}{A_{EF}} = \frac{38,46 \frac{m^3}{h} + 76,92 \frac{m^3}{h}}{50,27 m^2} = 2,3 \frac{m^3}{m^2 \cdot h}$$

La carga hidráulica es menor de $3 m^3/m^2 \cdot h$, cumple las condiciones impuestas.

3.6.3. Carga de sólidos

$$C_{sol} = \frac{C_{SSL}}{A_{EFreal} \cdot 16} = \frac{2904,6 \frac{Kg}{d}}{50,27 m^2 \cdot 16 \frac{h}{d}} = 3,61 \frac{Kg}{m^2 \cdot h}$$

La carga de sólidos tiene que ser menor de $4 kg SST/m^2 \cdot d$, por lo que se cumplen las condiciones iniciales.

Se puede decir que al estar todos los parámetros de las comprobaciones dentro de los límites impuestos, el dimensionamiento del espesador por flotación es correcto.

3.7. Relación aire/sólidos

Se adopta una relación aire/sólidos (A/S) de $0,04 Kg \text{ aire}/Kg \text{ fango}$. Los Kg de fango que se introducen cada hora son:

$$Kg \text{ fango/hora} = Q_{BF} \cdot [SS]_L = 38,46 \frac{m^3}{h} \cdot 4,72 \frac{Kg}{m^3} = 181,53 \frac{Kg}{h}$$

Esto implica un caudal de aire:

$$Q_{aire} = 0,04 \cdot 181,53 \frac{Kg}{h} = 7,26 \frac{Kg}{h}$$

Si se supone que el aire se comporta como un gas ideal, se obtiene el caudal de aire en litros y horas:

$$Q_{aire} = \frac{7,26 \frac{kg}{h} \cdot 0,082 \frac{atmL}{molK} \cdot 293K}{1atm \cdot 27 \frac{Kg}{mol}} = 6,46 \frac{l}{h}$$

3.8. Calderín de presurización

Se adopta una unidad con tiempo de retención de 1,5 minutos sobre el caudal de recirculación. El volumen del calderín, es por tanto:

$$V_{calderín} = \frac{Q_r}{60} \cdot 1,5 = \frac{76,92 \frac{m^3}{h}}{60} \cdot 1,5 = 1,92 m^3$$

Parámetro	Valor
Presión de trabajo (Kg/cm ²)	4,5
Presión de diseño (Kg/cm ²)	7
Diámetro del calderín (m)	0,6
Altura del calderín (m)	1,7

Tabla 7. (Hdez Muñoz)

La altura del calderín viene dada por:

$$h = \frac{V_{calderín}}{\pi \cdot D^2} = \frac{1,92 m^3}{\pi \cdot 0,6^2} = 1,7 m$$

3.9. Purga de lodos

Se supone un porcentaje de reducción de sólidos del 90%, por tanto, se puede decir respecto a la carga de lodos lo siguiente:

$$C_{SSE} = 0,9 \cdot C_{SSL} = 0,9 \cdot 2904,6 \frac{Kg}{d} = 2614,14 \frac{Kg}{d}$$

Siendo C_{SSs} , los Kg SS/día a la salida del espesador.

Se puede sacar por tanto, la cantidad de fangos en el sobrenadante, siendo:

$$C_{Sob} = (1 - 0,9) \cdot C_{SSL} = (1 - 0,9) \cdot 2904,6 \frac{Kg}{d} = 290,46 \frac{Kg}{d}$$

Siendo C_{sob} la cantidad de fangos en el sobrenadante.

Los caudales del lodo espesado y del sobrenadante se puede calcular sabiendo que la concentración a la salida del espesador es 40 Kg/m³ como condición inicial, se tiene lo siguiente:

$$Q_{LE} = \frac{C_{SSs}}{[SS]_{LE}} = \frac{2614,14 \frac{Kg}{d}}{40 \frac{Kg}{m^3}} = 65,35 \frac{m^3}{d}$$

Haciendo balance de materia y considerando la evaporación nula:

$$Q_{Sob} = Q_L - Q_{LE} = 615,38 \frac{m^3}{d} - 65,35 \frac{m^3}{d} = 550,03 \frac{m^3}{d}$$

La concentración del sobrenadante se obtiene a partir de la carga de sólidos y el caudal, siendo:

$$[SS]_{Sob} = 0,53 \frac{kg}{m^3}$$

El caudal de lodos espesados pasa a los tanques de digestión anaerobia y el caudal de sobrenadante a cabecera de planta.

4. DIGESTOR ANAEROBIO DE LODOS MIXTOS

Los fangos procedentes de los espesadores por gravedad y por flotación, así como los lodos procedentes de la depuradora “La Barrosa” ya espesados y que no tienen cabida en esta depuradora, se someten a un proceso de estabilización anaerobia:

El 65% de los Kg SST son Kg SSV, mientras que el 35% restante son Kg SSF.

A modo de resumen los parámetros contemplados en estas tablas han sido resultado de cálculos en epígrafes anteriores de este mismo anexo:

Fangos del espesador por gravedad (“El Torno”)	
Parámetro	Valor
C_{SSs1} (SST)(Kg/día)	8411,12
C_{SSs1} (SSV)(Kg/día)	5467,23
C_{SSs1} (SSF) (Kg/día)	2943,89
Q_{L1} (m ³ /día)	105,14
$[SS]_{LE1}$ (Kg/m ³)	80

Tabla 8.

Fangos del espesador por flotación (“El Torno”)	
Parámetro	Valor
C_{SSs2} (SST)(Kg/día)	2614,14
C_{SSs2} (SSV)(Kg/día)	1699,19
C_{SSs2} (SSF) (Kg/día)	914,95
Q_{L2} (m ³ /día)	65,35
$[SS]_{LE2}$ (Kg/m ³)	40

Tabla 9.

Fangos excedentes del espesador por gravedad ("La Barrosa")	
Parámetro	Valor
C_{SSs3} (SST)(Kg/día)	2330,4
C_{SSs3} (SSV)(Kg/día)	1514,76
C_{SSs3} (SSF) (Kg/día)	815,64
Q_{L3} (m ³ /día)	29,13
$[SS]_{LE3}$ (Kg/m ³)	80

Tabla 10.

Los caudales de entrada al digestor, será la suma de los fangos procedentes del espesador por gravedad y flotación de "El Torno", así como, los fangos procedentes de "La Barrosa" que excedan los 6524,4 Kg/día de tratamiento de esta depuradora.

La corriente de entrada al digestor será:

$$C_{Ent.Digestor} = C_{SSs1} + C_{SSs2} + C_{Exc}$$

Procedentes del espesador por gravedad y flotación de "El Torno", así como, los fangos que exceden la capacidad de tratamiento de "La Barrosa".

Fangos en el digestor	
Parámetro	Valor
$C_{Ent.Digestor}$ (SST)(Kg/día)	13355,66
$C_{Ent.Digestor}$ (SSV)(Kg/día)	8681,18
$C_{Ent.Digestor}$ (SSF) (Kg/día)	4674,48
Q_{LDig} (m ³ /día)	199,62
$[SS]_{LDig}$ (Kg/m ³)	50

Tabla 11.

Primeramente se imponen unas condiciones de funcionamiento:

- Reducción de volátiles del 40%
- Sistema de agitación y mezcla:
 - Digestor primario posee lanzas radiales de gas
 - Digestor secundario no tiene agitación
- Temperatura de digestión es de 35°C
- Digestor secundario no se procede a su calentamiento

La alimentación al digestor se realiza durante 12 horas al día.

$$Q_{Bomb} = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3}{12} = \frac{199,62 \frac{m^3}{d}}{12 \frac{h}{d}} = 16,63 \frac{m^3}{h}$$

Parámetro	Digestor Primario	Digestor Secundario
Tiempo de retención (días)	10-15	5-8
Carga de sólidos (kg/m ² ·d)	1,6-4,8	-

Tabla 12. Parámetros de diseño para un digestor de doble etapa. (Hdez Muñoz)

4.1. Tiempo de retención de sólidos

Según (*Manual of Practice for Water Pollution Control, 1985*), los tiempos de retención de diseño recomendados para una instalación de este tipo son:

- Digestor primario: 15 días.
- Digestor secundario: 8 días.

A menores tiempos de retención, más pequeño será el reactor, y por consiguiente menor será el coste de inmovilizado.

Se comprueba en los siguientes apartados, si el tiempo de retención de 15 días supone una carga de sólidos que esté dentro de los parámetros de diseño.

4.2. Cálculo del rendimiento en reducción de SSV

Se puede calcular según Eckenfelder la producción de biogás, a partir de los sólidos volátiles eliminados, este porcentaje se puede determinar a partir de datos experimentales (obteniendo valores del 40 al 60%) o a través del TRS (tiempo de residencia), utilizando:

$$\%SSV_{elim} = 13,7 \cdot \ln(\theta_d^m) + 18,94 = 13,7 \cdot \ln(15) + 18,94 = 56,04$$

	Tiempo de digestión (días)	SSV eliminados (%)
Alta carga	30	65,5
	20	60
	10	56
Baja carga	40	50
	30	45
	20	40

Tabla 13. Estimación de los sólidos volátiles eliminados en digestión anaerobia. (Manual of Practice for Water Pollution Control. 1985).

Según la tabla anterior, los cálculos se ajustan a los parámetros, se procede a calcular la cantidad de SSV eliminados para poder hallar el caudal de biogás sabiendo que:

- 1m³ biogás/Kg SSV eliminado.

$$Kg\ SSV_{Eliminados} = 0,56 \cdot 8681,18 \frac{Kg}{d} = 4861,46 \frac{Kg}{d}$$

$$V_{Biogás} = 1 \frac{m^3}{KgSSV_{eliminado}} \cdot KgSSV_{elimando}$$

$$V_{Biogás} = 1 \frac{m^3}{KgSSV_{eliminado}} \cdot 4861,46\ KgSSV_{elimando} = 4861,46\ m^3$$

Después de la digestión:

$$\frac{KgSST}{d} = 0,44 \cdot 8681,18 \frac{Kg}{d} + 4674,48 = 8494,2 \frac{Kg\ SST}{d}$$

Se considera que a la salida del digestor tenemos un concentración del 5%, se puede calcular el caudal extraído diariamente:

$$Q_{Extr.diario} = \frac{8494,2 \frac{Kg}{d}}{50 \frac{Kg}{m^3}} = 169,88 \frac{m^3}{d}$$

Por tanto, el caudal medio se puede calcular en función del caudal de entrada y el caudal extraído:

$$Q_{MD} = \left[199,62 - \frac{2}{3} \cdot (199,62 - 169,88) \right] = 179,79 \frac{m^3}{d}$$

4.3. Cálculo del volumen del digestor

Volumen útil necesario del digestor primario:

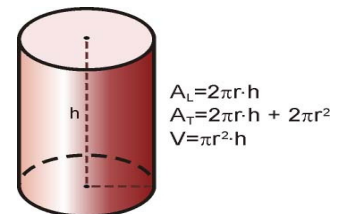
$$V_{D1} = Q_{MD} \cdot t_{R1} = 179,79 \frac{m^3}{d} \cdot 15 d = 2696,85 m^3$$

Volumen útil necesario del digestor secundario:

$$V_{D2} = Q_{MD} \cdot t_{R2} = 179,79 \frac{m^3}{d} \cdot 8 d = 1438,32 m^3$$

4.4. Dimensiones unitarias

Se pueden estimar las dimensiones unitarias tanto del digestor primario como del secundario, sabiendo que se trata de un cilindro de forma troncocónica.



Digestor primario

El volumen total como se ha calculado en el apartado anterior es de 2173,25 m³, adoptándose un radio de 10 metros para el digestor primario

Se procede a calcular el volumen correspondiente de la solera y la cúpula del digestor: Se impone una altura h_1 y una altura h_2 correspondiente a la solera y a la cúpula respectivamente, teniendo:

$$V_{Cup} = \frac{4 \cdot \pi \cdot r^2 \cdot h_2}{3} = \frac{4 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1}{3} = 418,88 m^3$$

Para el volumen de la cúpula, y para el volumen de la solera:

$$V_{Sol} = \frac{\pi \cdot r^2 \cdot h_2}{3} = \frac{\pi \cdot 10^2 \cdot 1}{3} = 104,72 m^3$$

El volumen total menos los correspondientes a la solera y la cúpula dará el volumen del cilindro, obteniendo:

$$V_{Cilin} = V_T - (V_{Sol} + V_{Cup}) = 2696,85 - (104,72 + 418,88) = 2173,25 m^3$$

Con el dato del volumen del cilindro, se puede calcular la altura del mismo:

$$V_{Cilin} = \pi \cdot r^2 \cdot h$$

Despejando h:

$$h = \frac{V_{Cilin}}{\pi \cdot r^2} = \frac{2173,25}{\pi \cdot 10^2} = 6,92 m$$

La altura total que tendría el digestor sería de:

$$h_{Total} = h_{Cilin} + h_{Cup} + h_{Sol} = 8,92 m$$

Con un diámetro de 20 metros.

Digestor secundario

Para hallar los valores, se opera de la misma forma que en el digestor primario.

El volumen total como se ha calculado en el apartado anterior es de 1438,32 m³, adoptándose un radio de 8 metros para el digestor secundario.

Se procede a calcular el volumen correspondiente de la solera y la cúpula del digestor secundario:

Se impone una altura h1 y una altura h2 correspondiente a la solera y a la cúpula respectivamente, teniendo:

$$V_{Cup} = \frac{4 \cdot \pi \cdot r^2 \cdot h_2}{3} = \frac{4 \cdot \pi \cdot 8^2 \cdot 1}{3} = 268,08 m^3$$

para el volumen de la cúpula.

Para el volumen de la solera:

$$V_{Sol} = \frac{\pi \cdot r^2 \cdot h_2}{3} = \frac{\pi \cdot 8^2 \cdot 1}{3} = 67,02 m^3$$

El volumen total menos los correspondientes a la solera y la cúpula dará el volumen del cilindro, obteniendo:

$$V_{Cilin} = V_T - (V_{Sol} + V_{Cup}) = 1438,32 - (67,02 + 268,08) = 1103,22 m^3$$

Con el dato del volumen del cilindro, se puede calcular la altura del mismo:

$$V_{Cilin} = \pi \cdot r^2 \cdot h$$

Despejando h:

$$h = \frac{V_{Cilin}}{\pi \cdot r^2} = \frac{1103,22}{\pi \cdot 8^2} = 5,49 m$$

La altura total que tendría el digestor sería de:

$$h_{Total} = h_{Cilin} + h_{Cup} + h_{Sol} = 7,49 m$$

Con un diámetro de 16 m.

Se calculan los tiempos de retención reales para cada uno de los digestores:

- Digestor primario:

$$t_{R1} = \frac{V_{D1}}{Q_{MD}} = \frac{2696,85 m^3}{179,79 \frac{m^3}{d}} = 15 días$$

- Digestor secundario:

$$t_{R2} = \frac{V_{D2}}{Q_{MD}} = \frac{1438,32 m^3}{179,79 \frac{m^3}{d}} = 8 días$$

Coincide con la tabla 15, así como con el apartado 1 de este mismo epígrafe.

Parámetro	Baja carga	Alta carga
Tiempo de retención (días)	30-60	15-20
Carga de SSV (KG/M3*D)	0,64-1,6	1,6-3,2
Lodos primarios	0,06-0,08	0,03-0,08
Lodos secundarios + Lodos filtros percoladores	0,11-0,14	0,07-0,09
Lodos primarios + Lodos activados	0,11-0,17	0,07-0,11

Tabla 14. Parámetros de diseño de para digestores de alta y baja carga. (Lawrence, A.W., and McCarty, P.L., 1970).

4.5. Comprobación de la carga de sólidos volátiles

$$C_{SOL} = \frac{SSV_0}{V_{DI}} = \frac{8681,18 \frac{Kg}{d}}{2696,85 m^3} = 3,22 \frac{m^3}{m^3 \cdot d}$$

Valor que está dentro del rango impuesto según la siguiente tabla:

Tipo	Carga de sólidos (Kg SSV/m3·día)
Baja carga	0,45-1,12
Alta carga	1,6-4,8

Tabla 15. Clasificación de el diseño de digestores de alta y baja carga. (Hdez Muñoz).

4.6. Agitación del digestor

El único digestor que será agitado será el primario.

Adoptamos un sistema de agitación y mezcla mediante lanzas radiales de gas con los siguientes criterios de operación:

- Número de renovaciones previstas al día: 3
- Tiempo necesario para cada renovación: 5 horas
- Tiempo total previsto para la operación de bombeo de recirculación: $3 \cdot 5 = 15$ horas

- Caudal necesario para bombeo de recirculación:

$$Q_{RD} = \frac{V_{DI}}{15} = \frac{2696,85 \text{ m}^3}{15\text{h}} = 179,79 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Se adoptan 3 bombas (una de reserva) de caudal unitario 90 m³/h a 4 m.c.a.

- El caudal de gas necesario se obtiene a partir de los valores recomendados en la siguiente tabla:

Sistema	Parámetro	Unidad	Val.recomendados
Inyección gas	Caudal gas	m ³ gas/m ³ reactor min	0,0045-0,007
Agitación mecánica	Potencia equipos mezcla	KW/m ³ reactor	0,00475-0,00788
Bombeo mecánico	Renovación	-	-

Tabla 16. Parámetros de diseño para los diferentes sistemas de mercado. (Hdez Muñoz).

- Sistemas no confinados: 0,005 m³ gas/ m³ min
Caudal de gas:

$$Q_{gas} = 0,005 \cdot V_{DI} = 0,005 \frac{\text{m}^3 \text{ gas}}{\text{m}^3 \text{ reactor} \cdot \text{min}} \cdot 2696,85 \text{ m}^3 = 13,48 \frac{\text{m}^3}{\text{min}} = 809,05 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Se adoptan 5 compresores (uno en reserva) de caudal unitario 202,26 m³/h a 8 m.c.a.

- Tomando un caudal máximo por lanza de 20 m³/h adoptamos un número total de lanzas de 41 unidades.

4.7. Calentamiento del digestor

Como se ha indicado anteriormente, el único digestor calentado es el primario.

Se adoptan los siguientes valores de diseño:

Temperatura:

- Temperatura de digestión: $T_D = 35^\circ\text{C}$
- Temperatura de fango fresco: $T_F = 10^\circ\text{C}$
- Temperatura del aire ambiente: $T_A = -1^\circ\text{C}$
- Temperatura del suelo: $T_S = 6^\circ\text{C}$

Se escogen estos valores de temperatura como condiciones extremas.

Coeficientes de transferencia de calor:

- Coeficiente de conductividad de la capa de espuma de poliuretano: $0,02 \text{ Kcal/h}\cdot\text{m}^2\cdot^\circ\text{C}$
- Coeficiente de conductividad del hormigón armado: $1,4 \text{ Kcal/h}\cdot\text{m}^2\cdot^\circ\text{C}$
- Coeficiente de conductividad del hormigón en masa: $1,1 \text{ Kcal/h}\cdot\text{m}^2\cdot^\circ\text{C}$
- Coeficiente de convección pared-fango: $300 \text{ Kcal/h}\cdot\text{m}^2\cdot^\circ\text{C}$
- Coeficiente de convección pared-aire: $20 \text{ Kcal/h}\cdot\text{m}^2\cdot^\circ\text{C}$
- Coeficiente de convección pared-suelo: $50 \text{ Kcal/h}\cdot\text{m}^2\cdot^\circ\text{C}$

Espesores de los materiales empleados:

- Espesor del hormigón en cúpula: 30 cm
- Espesor del hormigón en pared vertical: 35 cm
- Espesor del hormigón en solera: 35 cm
- Espesor del hormigón en masa: 20 cm
- Espesor de la capa de espuma de poliuretano: 4 cm

4.7.1. Cantidad de calor necesaria para el calentamiento del fango

$$q_{Fango} = \frac{Q_{MD} \cdot 1000 \cdot (T_D - T_F)}{24} = \frac{179,79 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \cdot 1000 \cdot (35^\circ\text{C} - (-1^\circ\text{C}))}{24} = 269685 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

Se necesitarían 269685 Kcal/h para el calentamiento del fango a la temperatura de digestión.

4.7.2 Cálculo de superficies de paredes, solera y cubierta

- Superficie pared cilíndrica situada sobre el terreno:

$$S_P = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot h_{\text{Cilin. sobre el terreno}} = 2 \cdot \pi \cdot 10 \cdot 5,92 = 371,96 \text{ m}^2$$

Se opta por enterrar junto con la solera 1 metros del cilindro del digestor para una mayor estabilidad sobre el terreno.

- Superficie pared cilíndrica situada bajo el terreno:

$$S_E = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot h_2 = 2 \cdot \pi \cdot 10 \cdot 1 = 62,83 \text{ m}^2$$

- Superficie de la cúpula:

$$S_C = \pi \cdot (r^2 + h_2^2) = \pi \cdot (10^2 + 1^2) = 317,30 \text{ m}^2$$

- Superficie solera:

$$S_S = \pi \cdot r \cdot \sqrt{r^2 + h_1^2} = \pi \cdot 10 \cdot \sqrt{10^2 + 1^2} = 315,73 \text{ m}^2$$

4.7.3 Cálculo de los coeficientes de conductividad

Teniendo en cuenta los espesores y los coeficientes de conductividad de cada uno de los materiales empleados en la construcción del digestor:

- Coeficiente de conductividad de la cúpula

$$K_C = \frac{1}{\frac{1}{U_{p-f}} + \frac{e_{cup}}{U_{H.arm}} + \frac{e_{poliuretano}}{U_{espuma}} + \frac{1}{U_{p-a}}}$$

$$K_C = \frac{1}{\frac{1}{300} + \frac{0,3}{1,4} + \frac{0,04}{0,02} + \frac{1}{20}} = 0,44 \frac{\text{Kcal}}{\text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$$

- Coeficiente de conductividad de la pared cilíndrica sobre el terreno:

$$K_P = \frac{1}{\frac{1}{U_{p-f}} + \frac{e_{cup}}{U_{H.arm}} + \frac{e_{poliuretano}}{U_{espuma}} + \frac{1}{U_{p-a}}}$$

$$K_P = \frac{1}{\frac{1}{300} + \frac{0,35}{1,4} + \frac{0,04}{0,02} + \frac{1}{20}} = 0,43 \frac{\text{Kcal}}{\text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$$

- Coeficiente de conductividad de la pared cilíndrica bajo el terreno:

$$K_E = \frac{1}{\frac{1}{U_{p-f}} + \frac{e_{cup}}{U_{H.arm}} + \frac{e_{poliuretano}}{U_{espuma}} + \frac{1}{U_{p-s}}}$$

$$K_E = \frac{1}{\frac{1}{300} + \frac{0,35}{1,4} + \frac{0,04}{0,02} + \frac{1}{50}} = 0,44 \frac{Kcal}{h \cdot m^2 \cdot ^\circ C}$$

- Coeficiente de conductividad en la solera:

$$K_S = \frac{1}{\frac{1}{U_{p-f}} + \frac{e_{cup}}{U_{H.arm}} + \frac{e_{poliuretano}}{U_{h.masa}} + \frac{1}{U_{p-s}}}$$

$$K_S = \frac{1}{\frac{1}{300} + \frac{0,35}{1,4} + \frac{0,2}{1,1} + \frac{1}{50}} = 2,2 \frac{Kcal}{h \cdot m^2 \cdot ^\circ C}$$

4.7.4 Cálculo de las pérdidas de calor

Para el cálculo de las pérdidas empleamos la expresión general:

$$q = S \cdot K \cdot \Delta T \quad (\text{incremento})$$

- Pérdidas en la cúpula:

$$q_C = S_C \cdot K_C \cdot (T_F - T_A) = 317,30 \cdot 0,44 \cdot (35 - (-1)) = 5026,03 \frac{Kcal}{h}$$

- Pérdidas en la pared cilíndrica sobre el terreno:

$$q_P = S_P \cdot K_P \cdot (T_F - T_A) = 371,96 \cdot 0,43 \cdot (35 - (-1)) = 5757,94 \frac{Kcal}{h}$$

- Pérdidas en la pared cilíndrica bajo el terreno:

$$q_E = S_E \cdot K_E \cdot (T_F - T_S) = 62,83 \cdot 0,44 \cdot (35 - 6) = 801,71 \frac{Kcal}{h}$$

- Pérdidas en la solera:

$$q_S = S_S \cdot K_S \cdot (T_F - T_S) = 315,73 \cdot 2,2 \cdot (35 - 6) = 20143,57 \frac{Kcal}{h}$$

Luego las pérdidas totales previstas por radiación son:

$$q_{Perd.Totales} = q_C + q_P + q_E + q_S = 31729,25 \frac{Kcal}{h}$$

4.7.5 Capacidad necesaria del intercambiador de calor

La cantidad de calor necesaria para el calentamiento del fango fresco y mantener la temperatura en el digestor de 35°C será:

$$Q_{Calor} = q_{Fango} + q_{Perd.Totales}$$

$$Q_{Calor} = 269685 \frac{Kcal}{h} + 31729,25 \frac{Kcal}{h} = 301414,25 \frac{Kcal}{h}$$

- Adoptando un margen de reserva del 25% la capacidad de las calderas será:

$$Q_{Caldera} = 1,25 \cdot Q_{Calor}$$

$$Q_{Caldera} = 1,25 \cdot Q_{Calor} = 1,25 \cdot 301414,25 \frac{Kcal}{h} = 376767,81 \frac{Kcal}{h}$$

- Capacidad de intercambio de calor si se supone una eficiencia del 90%:

$$Q_r = \frac{Q_{Calor}}{0,9}$$

$$Q_r = \frac{301414,25 \frac{Kcal}{h}}{0,9} = 334904,72 \frac{Kcal}{h}$$

- Temperaturas de diseño del intercambiador:
 - Temperatura de entrada agua ($T_{E.agua}$): 75 °C
 - Temperatura de salida agua ($T_{S.agua}$): 67°C
 - Temperatura de entrada de fango ($T_{E.fango}$): 35°C
 - Temperatura de salida de fango ($T_{S.fango}$): 36°C

El incremento logarítmico de temperatura es:

$$\Delta T_{ml} = \frac{(T_{E.agua} - T_{S.fangos}) - (T_{S.agua} - T_{E.fangos})}{\ln \left(\frac{(T_{E.agua} - T_{S.fangos})}{(T_{S.agua} - T_{E.fangos})} \right)}$$

$$\Delta T_{ml} = \frac{(75-36)-(67-35)}{\ln\left(\frac{(75-36)}{(67-35)}\right)} = 35,38^{\circ}\text{C}$$

El coeficiente integral de de transmisión de calor para el acero es de:

$$U_{acero} = 460 \frac{\text{Kcal}}{\text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}$$

- La superficie total de intercambio de calor será:

$$A = \frac{Q_r}{\Delta T_{ml} \cdot U_{acero}} = \frac{334904,72 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}}{35,38^{\circ}\text{C} \cdot 460 \frac{\text{Kcal}}{\text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}} = 20,57 \text{ m}^2$$

- Caudal de agua caliente se puede calcular conociendo la variación de temperatura del agua:

$$\Delta T = 75 - 67 = 8^{\circ}\text{C} \quad \text{y sabiendo la cantidad de calor intercambiado:}$$

$$Q_{A.C} = \frac{Q_r}{C_{p.agua} \cdot \Delta T}$$

$$Q_{A.C} = \frac{334904,72 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}}{1000 \frac{\text{Kcal}}{\text{m}^3 \cdot ^{\circ}\text{C}} \cdot 8^{\circ}\text{C}} = 41,86 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

4.7.6 Necesidades energéticas para el calentamiento del digestor

- Aprovechamiento del biogás

Los calores específicos del biogás y del metano son:

$$C_{e.Biogás} = 24 \text{ MJ/m}^3$$

$$C_{e.Metano} = 38 \text{ MJ/m}^3$$

Se realiza la conversión:

$$C_{e.Biogás} = \frac{24 \text{ MJ}}{\text{m}^3} \cdot 0,2388 \frac{\text{Kcal}}{\text{KJ}} \cdot 10^3 \frac{\text{KJ}}{\text{MJ}} = 5371,2 \frac{\text{Kcal}}{\text{m}^3}$$

Para la combustión del biogás se adopta un rendimiento del 85%, por tanto, el consumo de biogás necesario será:

$$Q_{gas} = \frac{Q_r}{0,85 \cdot C_{e.Biogás}} = \frac{334904,72 \frac{Kcal}{h}}{0,85 \cdot 5371,2 \frac{Kcal}{m^3}} = 73,35 \frac{m^3}{h}$$

- Consumo de gas-oil. Independientemente del normal calentamiento del digestor a partir de la combustión del biogás producido, debe preverse siempre, sobre todo para la puesta en marcha de un sistema alternativo basado en combustión de gasoil.
- Rendimiento de la combustión: 85%
- Poder calorífico del gas-oil: $C_{e.gas-oil} = 8500 \text{ Kcal/m}^3$

Las necesidades para la puesta en marcha del digestor:

- Temperatura del fango: 10 °C
- Temperatura a alcanzar: 35°C
- Volumen del digestor: 2696,85 m³

Cantidad de calor necesaria para el inicio:

$$Q_{Cal.Inicial} = V_{DI} \cdot \rho \cdot (T_D - T_F)$$

$$Q_{Cal.Inicial} = V_{DI} \cdot \rho \cdot (T_D - T_F) = 2696,85 m^3 \cdot 1000 \frac{Kg}{m^3} \cdot 1 \frac{Kcal}{Kg \cdot ^\circ C} (35 - 10) ^\circ C = 6,74 \cdot 10^7 \text{ Kcal}$$

Si se supone una eficacia del 90% en los intercambiadores, estos requerirán una capacidad de:

$$C_{inter} = \frac{Q_r}{0,9} = \frac{Q_r}{0,9} \frac{24h}{d} = \frac{334904,72}{0,9} \frac{24h}{d} = 8,93 \cdot 10^6 \frac{Kcal}{d}$$

Conocida la capacidad, se puede calcular el tiempo que lleva poner en marcha el digestor hasta alcanzar las condiciones requeridas de digestión:

$$t_{inicio} = \frac{Q_{inic}}{C_{inter} - q_{pérdidas}} = \frac{6,74 \cdot 10^7 \text{ Kcal}}{8,93 \cdot 10^6 \frac{Kcal}{d} - 31729,25 \frac{Kcal}{h} \cdot 24 \frac{h}{d}} = 8,25 \text{ días}$$

Con este tiempo necesario para la puesta en marcha, se calcula la cantidad de gasoil necesaria:

$$V_{gasoil} = \frac{C_{inter} \cdot t_{inicio}}{0,85 \cdot C_{e.Gasoil}}$$

$$V_{gasoil} = \frac{8,93 \cdot 10^6 \frac{Kcal}{d} \cdot 8,25 \text{ días}}{0,85 \cdot 8500 \frac{Kcal}{Kg}} = 10196,88 \text{ Kg}$$

4.8. Almacenamiento de gas y quemador

La producción horaria de gas como hemos descrito en el comienzo de este apartado, puede estimarse según Eckenfelder en: 1m³N/Kg SSV eliminado

La cantidad de biogás producido es:

$$V_{Biogás} = 1 \frac{m^3}{KgSSV_{eliminado}} \cdot 4861,46 \text{ KgSSV}_{eliminado} = 4861,46 \frac{m^3}{d}$$

El consumo de gas necesario es:

$$P_{Gas} = 73,35 \frac{m^3}{h} \frac{24h}{d} = 1760,4 \frac{m^3}{d}$$

Caudal excedente de gas:

$$Q_{Excedente} = 4861,46 \frac{m^3}{d} - 1760,4 \frac{m^3}{d} = 3101,06 \frac{m^3}{d}$$

Volumen necesario de gasómetro:

Se adopta un volumen tal que pueda almacenar la producción de 8 horas.

$$V_{Gasómetro} = 8h \cdot 4861,46 \frac{m^3}{d} \frac{1d}{24h} = 1620,48 m^3$$

Al ser una semiesfera, se puede determinar el radio que tendrá el mismo, por lo tanto:

$$r_{Gasómetro} = \left(\frac{V_{Gasómetro}}{\frac{\pi \cdot 4}{3}} \right)^{1/3} = 9,18 m$$

Quemador de gas:

Se adopta una unidad que tenga una capacidad de combustión superior en un 25% al caudal excedente de gas.

$$P_{\text{Quemador}} = 1,25 \cdot 3101,06 \frac{m^3}{d} = 3876,32 \frac{m^3}{d}$$

5. CENTRÍFUGA

Se debe disponer de un depósito que para almacenar los fangos digeridos por vía anaerobia, para su posterior descarga en camiones.

Se sabe que el caudal de fangos a deshidratar es 199,62 m³/d.

$$V_{\text{depósito}} = t_{\text{ret}} \cdot Q_{\text{Fdeshidratar}} = \frac{1\text{d}}{24\text{h}} \cdot 199,62 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} = 8,32 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Por lo que se opta por una centrífuga de capacidad de secado de lodos de 8,5 m³/h.

6. TOLVA DE ALMACENAMIENTO

Los lodos generados serán almacenados en unas tolvas, para su posterior recogida en camiones. Por tanto, se puede hallar el volumen del depósito cilíndrico.

Sabiendo que la reducción en volumen es de un 20-25%:

$$V_{\text{depósito}} = 0,80 \cdot 199,62 \frac{m^3}{d} = 159,7 \frac{m^3}{d}$$

Tendremos un tiempo de retención de 1 día máximo:

$$V_{\text{depósito}} = t_{\text{ret}} \cdot Q_{\text{Fdeshidratar}} = 1d \cdot 159,7 \frac{m^3}{d} = 159,7 m^3$$

Con la siguiente dimensión, considerando la altura de la tolva 6 metros:

$$A_{\text{depósito}} = \frac{V_{\text{depósito}}}{h} = \frac{159,7 m^3}{6m} = 26,61 m^2$$

De diámetro:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{\text{depósito}}}{\pi}} = 5,82 m$$

Se hace el diámetro 6 metros, siendo el área real:

$$A = \pi \cdot r^2 = 28,27 m^2$$

y el volumen:

$$V_{\text{depósito}} = A_{\text{depósito}} \cdot h = 169,64 m^3$$

DOCUMENTO 2:

PLIEGO DE CONDICIONES

Índice

1. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES.....	5
1.1. Objeto del Pliego.....	5
1.1. Definiciones.....	5
1.2. Documentos del proyecto que definen las obras.....	7
1.3. Compatibilidad y relación entre los documentos.....	8
1.3.1. Requisitos para la admisión.....	8
1.3.2. Propuesta.....	8
1.4. Disposiciones a tener en cuenta.....	9
2. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES FACULTATIVO.....	12
2.1. Dirección facultativa.....	12
2.2. Facultades de la Dirección Facultativa.....	12
2.3. Responsabilidades de la Dirección Facultativa por el retraso de la obra.....	12
2.4. Cambio del director de obra.....	13
2.5. Obligaciones y derechos del contratista.....	13
2.6. Remisión por solicitud de ofertas.....	14
2.7. Presencia del Contratista en la obra.....	14
2.8. Oficina de obra.....	14
2.9. Residencia del Contratista.....	14
2.10. Recusación por el contratista del personal nombrado por la D.Facultativa.....	15
2.11. Libro de órdenes.....	15
2.12. Reclamaciones contra la Dirección Facultativa.....	15
2.13. Despidos por insubordinación, incapacidad y mala fe.....	16
2.14. Orden de los trabajos.....	16
2.15. Replanteo.....	16
2.16. Comienzo de las obras.....	17
2.17. Plazo de ejecución.....	17
2.18. Condiciones generales de ejecución de los trabajos.....	17
2.19. Trabajos defectuosos.....	18
2.20. Aclaraciones y modificaciones de los documentos del Proyecto.....	18
2.21. Ampliación del Proyecto por causas imprevistas de fuerza mayor.....	19
2.22. Obras ocultas.....	19
2.23. Vicios ocultos.....	19
2.24. Medios auxiliares.....	19
2.25. Medidas de seguridad.....	20
2.26. Recepción provisional, plazo de garantía y recepción definitiva.....	20
2.26.1 Recepción provisional.....	20
2.26.2 Conservación de los trabajos recibidos provisionalmente.....	21
2.26.3. Plazo de garantía.....	21
2.26.4. Recepción definitiva.....	22
2.27. Casos no previstos en este pliego.....	22
3. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES ECONÓMICAS.....	23
3.1. Alcance.....	23

3.2. Base fundamental.....	23
3.3. Garantías de cumplimiento y fianzas.....	23
3.3.1. Garantías.....	23
3.3.4. Fianzas.....	23
3.4. Ejecución de los trabajos con cargo a la fianza.....	24
3.5. Devolución de la fianza.....	24
3.6. Penalizaciones.....	24
3.6.1. Importe de indemnización por retraso no justificado.....	24
3.7. Precios y revisiones.....	25
3.7.1. Precios contradictorios.....	25
3.7.2. Revisión de precios.....	26
3.7.3. Reclamaciones de aumentos de precios.....	26
3.8. Normas para la adquisición de los materiales.....	27
3.9. Intervención administrativa del Propietario.....	27
3.10. Mejora de obras.....	27
3.11. Unidades de obra no conformes con el Proyecto.....	28
3.12. Medición, valoración y abono de las unidades de obra.....	28
3.12.1. Medición, valoración y abono de las unidades de obra.....	28
3.12.2. Mediciones parciales y finales.....	29
3.12.3. Composición de los precios unitarios.....	29
3.12.4. Composición de los precios por ejecución material.....	29
3.12.5. Composición de los precios por contrata.....	30
3.12.6. Composición de los precios por administración.....	30
3.12.7. Precio del material acopiado a pie de obra.....	31
3.12.8. Precios de las unidades de obra y de las partidas alzadas.....	31
3.12.9. Relaciones valoradas y certificaciones.....	31
3.12.10. Valoración en el caso de rescisión.....	32
3.12.11. Equivocaciones en el presupuesto.....	33
3.12.12. Formas de abono de las obras.....	34
3.12.13. Abono de unidades de obra ejecutadas.....	34
3.12.14. Abono de trabajos presupuestados con partidas alzadas.....	34
3.12.15. Abono de trabajos ejecutados durante el plazo de garantía.....	35
3.12.16. Abono de obras incompletas.....	35
3.12.17. Liquidaciones parciales.....	35
3.12.18. Carácter provisional de las liquidaciones parciales.....	35
3.12.19. Liquidación final.....	36
3.12.20. Liquidación en caso de rescisión.....	36
3.12.21. Pagos.....	36
3.12.22. Suspensión o retrasos en el ritmo de los trabajos	36
3.12.23. Demora de los pagos.....	37
3.12.24. Indemnización de daños causados por fuerza mayor.....	37
4. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES LEGALES.....	38
4.1. Arbitrio y jurisdicción.....	38
4.1.1. Formalización del Contrato.....	38

4.1.2. Arbitraje obligatorio.....	38
4.1.3. Jurisdicción competente.....	38
4.2. Responsabilidades legales del contratista.....	38
4.2.1. Medidas preparatorias.....	38
4.2.2. Responsabilidad en la ejecución de las obras.....	39
4.2.3. Legislación Social.....	39
4.2.4. Medidas de seguridad.....	39
4.2.5. Vallado y policía de obra.....	40
4.2.6. Permisos y Licencias.....	40
4.2.7. Daños a terceros.....	40
4.2.8. Seguro de la obra.....	40
4.2.9. Suplementos.....	41
4.2.10. Conservación y otros.....	41
4.2.11. Hallazgos.....	41
4.2.12. Anuncios y carteles.....	42
4.2.13. Copia de documentos.....	42
4.3. Subcontratas.....	42
4.3.1. Subcontratas.....	42
4.4. Pago de arbitrios.....	43
4.4.1. Pagos de arbitrios.....	43
4.5. Causas de rescisión del contrato.....	43
4.5.1. Causas de rescisión del contrato.....	43
5. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.....	45
5.1. Descripción de las obras.....	45
5.1.1. Espesador por gravedad EDAR “El Torno”	45
5.1.2. Espesador por gravedad EDAR “La Barrosa”	45
5.1.3. Espesador por flotación EDAR “El Torno”	45
5.1.4. Digestor anaerobio primario.....	46
5.1.5. Digestor anaerobio secundario.....	46
5.1.6. Deshidratación de fango. Centrífuga.....	46
5.2. Características de los materiales.....	46
5.3. Empleo de los materiales y aparatos.....	46
5.4. Materiales no utilizables.....	47
5.5. Materiales y aparatos defectuosos.....	47
5.6. Control de calidad.....	47
5.7. Condicionantes para la ejecución de las unidades de obra.....	48
5.7.1 Movimiento de tierras.....	48
5.7.2 Estructuras de hormigón.....	48
5.7.3 Cimentaciones.....	48
5.8. Obras o instalación no especificada.....	49

1. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

1.1. Objeto del Pliego

El presente pliego de condiciones constituye el conjunto de instrucciones, normas, prescripciones y especificaciones que, junto con lo indicado en la memoria, planos y presupuestos, definen todos los requisitos a cumplir por las obras.

El objeto del pliego de condiciones es regular las relaciones entre las partes contratantes desde el punto de vista técnico, facultativo, económico y legal, para el proyecto “Selección y dimensionamiento de la nueva línea de tratamiento de fangos para las E.D.A.R’s de Chiclana de la frontera”, y será aplicable a todas las obras incluidas en dicho proyecto.

El contratista está obligado a ejecutar el proyecto según se especifica en el pliego de condiciones.

Del mismo modo, la administración podrá conocer de forma detallada las diferentes tareas que se desarrollarán durante la ejecución del proyecto.

Este documento es contractual, es decir, vinculante con el contratista, y las prescripciones contenidas en este pliego, tienen el carácter de verdaderas cláusulas de contrato.

1.1.1. Definiciones

Algunos de los términos que se repiten a lo largo del pliego y se definen:

- **Addendum o Addenda:** Disposiciones adicionales al contrato dictadas por escrito por la compañía propietaria, antes de la apertura de las propuestas.
- **Contratista principal:** Empresa de ingeniería responsable del diseño, puesta en marcha y supervisión total de la estación depuradora.
- **Contratos o documentos contractuales:** Las diversas partes del contrato citadas en este pliego, tanto su conjunto, como individualmente.
- **Ingeniero:** Es aquella persona designada por el propietario y/o el contratista principal y/o los subcontratistas para actuar como tal durante el proyecto y la realización de la obra.
- **Planos contractuales:** Planos específicamente titulados así y relacionados en el pliego de condiciones, o en cualquier Addendum o cualquier plano

suministrado por la compañía propietaria como integrante o supletorio.

- Propietario: Es la compañía que proyecta la ejecución de la estación depuradora. Su autoridad está representada por el director general o el representante autorizado de éste.
- Proveedores: Personas o entidades contratadas por el contratista principal para el suministro de materiales, equipo o maquinaria necesaria para poder realizar a obra.
- Subcontratista: Empresas que prestan los servicios y los suministros requeridos para la construcción de la estación depuradora.
- Trabajo contractual: Trabajo cuyo suministro o ejecución se lo exija al contratista por una o varias de las partes del contrato, excepto el trabajo extra descrito más adelante en el pliego de condiciones.
- Pliego de condiciones: Conjunto de instrucciones, normas, prescripciones y especificaciones que, junto con lo indicado en la memoria, planos y presupuestos, definen todos los requisitos a cumplir por las obras.
- Trabajo extra: Trabajo no incluido en el contrato en el momento de su ejecución pero que, posteriormente, si será incluido.
- Obras: Conjunto de trabajos que se realizan para llevar a cabo el proyecto.
- Equipos de proceso: Deben cumplir las especificaciones y las normas de seguridad vigentes. La empresa adjudicataria del proyecto se responsabilizará de estos cumplimientos.
- Medios y métodos de construcción: Se refiere a la mano de obra, materiales, estructuras provisionales, herramientas, maquinaria y equipo de la construcción y el modo y el tiempo de su ejecución, necesarios para completar este contrato.
- Zona de la obra: Área de la obra donde el contratista principal ejecutará el trabajo contratado y cualquier área adyacente designada como tal por el propietario.
- Trabajo: El suministro y trabajos exigidos al contratista principal deberá incluir el trabajo contractual y el trabajo extra.
- Resto de equipos del proceso: Cumplirán las especificaciones previstas en otros puntos, así como las normas de seguridad vigentes. La empresa adjudicataria del proyecto se responsabilizará de su exacto cumplimiento.

- Certificación de materiales y pruebas de funcionamiento: El contratista principal proporcionará al propietario siete copias de los certificados materiales, con características físicas y químicas, si suministra por su parte, cualquiera de los materiales siguientes:
- Tubos.
- Válvulas.
- Racores y bridas.
- Piezas forjadas.
- Piezas de fundición de acero o hierro.
- Tornillería.

El contratista principal será responsable de las inspecciones y deberá estar presente en las pruebas hidrostáticas y de funcionamiento de todo el equipo (o sus partes componentes) y de su suministro.

1.2. Documentos del proyecto que definen las obras

Los documentos propiamente del proyecto son:

Documento nº1: Memoria.

Este documento que se divide en:

- Memoria descriptiva: Donde se describe detalladamente la instalación.
- Anexos a la memoria: Donde se producen los cálculos para el diseño de la memoria descriptiva y se adjunta documentación de interés para la realización de la memoria descriptiva.
- Bibliografía.

Documento nº2: Pliego de condiciones.

Presente documento.

Documento nº3: Presupuesto.

Donde se realiza un estudio económico para la implantación de la planta.

Documento nº4: Planos.

Donde hay representaciones gráficas que son necesarias para la implantación de la planta.

Todos los documentos que se incluyen en la Memoria (materiales, equipos, maquinaria, justificación de precios, etc.) y demás documentos no contractuales tienen carácter meramente informativo.

1.3. Compatibilidad y relación entre los documentos

En el caso de que entre los diferentes documentos del proyecto (memoria, presupuesto y planos) existan contradicciones con el pliego de condiciones, en el mismo momento que se detecten las contradicciones se deberán corregir. La corrección será siempre de los otros documentos para adecuarlos a lo que se detalla en el pliego de condiciones.

Los documentos que definen este proyecto son compatibles entre sí y además se complementan unos a otros. Se ha de procurar que sólo con la ayuda de los Planos y del Pliego de Condiciones se pueda ejecutar totalmente el proyecto.

En cuanto al orden de prioridad dependerá del aspecto que se considere. Si se mira desde un punto de vista técnico-teórico, el documento más importante es la Memoria General y en especial la Memoria de Cálculo, seguido de los Planos. Si se mira desde el punto de vista jurídico -legal, será el Pliego de Condiciones el documento más importante.

En todo caso, las contradicciones, omisiones o errores que se adviertan en estos documentos por el director o contratista deberían reflejarse en el acta de comprobación.

1.3.1. Requisitos para la admisión

Podrán optar a la adjudicación de las obras todas las empresas nacionales o extranjeras individuales o asociadas que así lo deseen. Requisito indispensable es que cumplan las condiciones del contrato, la legislación general vigente y las bases presentes, y hallan sido admitidas previamente a la licitación por el propietario.

1.3.2. Propuesta

Las propuestas se realizarán sobre la base de las mediciones y alcance de los trabajos proporcionados por el propietario.

No se considerará válida ninguna propuesta que se presente fuera del plazo de validez señalado por la carta de invitación o que no conste de todos los documentos.

El plazo de ejecución de las obras no podrá exceder del establecido por el propietario para la finalización de las mismas.

El precio de las unidades y el presupuesto total será fijado por el oferente. Los interesados deberán realizar cuantos estudios estimen necesarios para ejecutar la obra, ajustándose a los planos y a los pliegos de condiciones.

1.4. Disposiciones a tener en cuenta

El Adjudicatario deberá atenerse en la adjudicación de la obra a las condiciones especiales dadas en los documentos que a continuación se expresan, respecto a condiciones de los materiales y forma de ejecutar los trabajos y ensayos a que deben ser sometidos:

Estructuras de hormigón, fábricas, solados ...

- Real Decreto 1370/1988, de 11 de noviembre. «Acciones en la Edificación», aprobada por Decreto 195/1963, de 17 de enero, y se cambia su denominación por Norma Básica de la Edificación NBE AE-88, «Acciones en la Edificación»
- Real Decreto Legislativo 2/2008, de 20 de junio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley 8/2007, de 28 de mayo, de Suelo.
- Ley 2/2012, de 30 de enero, de modificación de la Ley 7/2002, de 17 de diciembre, de Ordenación Urbanística de Andalucía en materia de régimen de suelo y ordenación urbana en Andalucía.
- Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE).
- Norma EH-91: “Instrucción para el Proyecto y Ejecución de Obras de Hormigón en Masa y Armado”.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Real Decreto 997/2002, de 27 de septiembre, por el que se aprueba la norma de construcción sismorresistente: parte general y edificación (NCSR-02).
- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Tubería de abastecimiento de agua. Orden del MOPU de 28 de Julio. Publicada en BOE núm. 236, de 2 de octubre de 1974 .
- Normas Básicas para las Instalaciones Interiores de Suministro de Agua del Mº de Industria. Instalaciones eléctricas.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía.
- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en Centrales

Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación e Instrucciones Técnicas Complementarias.

- Normas Técnicas de Construcción y Montaje de las Instalaciones Eléctricas de Distribución.

Hormigón en Masa y Armado

- Norma Básica de la Edificación NBE-FL-9 0. "Muros resistentes de Fábricas de Ladrillo". Real Decreto 1723/ 1990 de 20 de Diciembre (BOE 4.1.91).
- Real Decreto 997/2002, de 27 de septiembre, por el que se aprueba la norma de construcción sismorresistente: parte general y edificación (NCSR-02).
- Instrucción de Hormigón Estructural "EHE". Real Decreto 2661/1998, de 11-DIC, del Ministerio de Fomento. BOE 13-01-99.
- Norma de Construcción Sismorresistente: parte General y Edificación. NCSE-02. Real Decreto 997/2002, de 27 de septiembre, del Ministerio de Fomento. (Deroga la NCSE-94. Es de aplicación obligatoria a partir del 11 de octubre de 2004) BOE 11-10-02.

Abastecimiento de aguas y vertido

- Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE).
- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Tubería de abastecimiento de agua. Orden del MOPU de 28 de Julio (BOE 2.10.74 – 3.10.74 – 30-10-74).
- Normas Básicas para las Instalaciones Interiores de Suministro de Agua de Industria.

Estructuras de Acero

- Real Decreto 1829/1995, de 10 de noviembre, por el que se aprueba la Norma Básica de la Edificación NBE EA-95 «Estructuras de acero en edificación».
- Normas Tecnológicas de la Edificación. Medio ambiente.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

Instalaciones eléctricas

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía.
- Normas Técnicas de Construcción y Montaje de las Instalaciones Eléctricas de Distribución.

Medio ambiente

- Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental.
- Decreto 6/2012, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de Protección contra la Contaminación Acústica en Andalucía.
- Ley 7/2007, de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental.
- Real Decreto 509/1996. 15/03/1996. Ministerio de Obras Públicas. Desarrolla el Real Decreto-ley 11/1995, de 28-12-1995, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas. BOE 29/03/1996.
*Modificado por R.D. 2116/98.

Seguridad y Salud

- Ley de 31/ 1995, de 8 de Noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Real decreto. Real Decreto 171/2004, de 30 de enero, por el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales.
- Ley ordinaria. Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales.
- Real decreto. Real Decreto 597/2007, de 4 de mayo, sobre publicación de las sanciones por infracciones muy graves en materia de prevención de riesgos laborales.

2. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES FACULTATIVO

2.1. Dirección facultativa

La Dirección Facultativa de las obras e instalaciones recaerá en el Ingeniero que suscribe, salvo posterior acuerdo con la Propiedad.

2.2. Facultades de la Dirección Facultativa

Además de las facultades particulares que corresponden a la Dirección Facultativa, expresadas en los artículos siguientes, es misión específica suya la dirección y vigilancia de los trabajos que se realicen, con autoridad técnica legal, completa e indiscutible sobre las personas y cosas situadas en obra y con relación con los trabajos que para la ejecución del contrato se lleven a cabo pudiendo incluso con causa justificada, recusar en nombre de la propiedad al Contratista, si considera que el adoptar esta solución es útil y necesario para la debida marcha de la obra.

Con este fin el Contratista se obliga a designar sus representantes de obra, los cuales atenderán en todas las observaciones e indicaciones de la Dirección Facultativa, asimismo el Contratista se obliga a facilitar a la Dirección Facultativa la inspección y vigilancia de todos los trabajos y a proporcionar la información necesaria sobre el incumplimiento de las condiciones de la contrata y el ritmo de realización de los trabajos, tal como está previsto en el plan de obra.

A todos estos efectos el Adjudicatario estará obligado a tener en la obra durante la ejecución de los trabajos el personal técnico, los capataces y encargados necesarios que a juicio de la Dirección Facultativa sean necesarios para la debida conducción y vigilancia de las obras e instalaciones.

2.3. Responsabilidades de la Dirección Facultativa por el retraso de la obra

El Contratista no podrá excusarse de no haber cumplimentado los plazos de obra estipulados, alegando como causa la carencia de planos y órdenes de la Dirección Facultativa, a excepción del caso en que la Contrata, en uso de las facultades que en este artículo se le conceda los haya solicitado por escrito a la Dirección Facultativa y éste no los haya entregado. En este único caso, el Contratista quedará facultado para recurrir entre los amigables componedores previamente designados, los cuales decidirán sobre la procedencia o no del requerimiento; en caso afirmativo, la Dirección Facultativa será la responsable del retraso sufrido, pero únicamente en las unidades de obra afectadas por el requerimiento del Contratista y las subsiguientes que con ellas estuviesen relacionadas.

2.4. Cambio del director de obra

Desde que se dé inicio a las obras, hasta su recepción provisional, el Contratista designará un jefe de obra como representante suyo autorizado, que cuidará que los trabajos sean llevados con diligencia y competencia. Este jefe estará expresamente autorizado por el Contratista para percibir notificaciones de las órdenes de servicios y de las instrucciones escritas o verbales emitidas por la Dirección Facultativa y para asegurar que dichas órdenes se ejecuten. Asimismo estará expresamente autorizado para firmar y aceptar las mediciones realizadas por la Dirección Facultativa.

Cualquier cambio que el Contratista desee efectuar respecto a su representante y personal cualificado y en especial del jefe de obra deberá comunicarlo a la Dirección Facultativa, no pudiendo producir el relevo hasta la aceptación de la Dirección Facultativa de las personas designadas.

Cuando se falte a lo anteriormente prescrito, se considerarán válidas las notificaciones que se efectúen al individuo más caracterizado o de mayor categoría técnica de los empleados y empresarios de las obras, y en ausencia de todos ellos, las depositadas en la residencia designada como oficial del Contratista en el contrato de adjudicación, aún en ausencia o negativa del recibo por parte de los dependientes de la Contrata.

2.5. Obligaciones y derechos del contratista

El Director de Obra podrá exigir al Contratista la necesidad de someter a control todos los materiales que se han de colocar en las obras, sin que este control previo sea una recepción definitiva de los materiales. Igualmente tiene el derecho a exigir cuantos catálogos certificados, muestras y ensayos que estime oportunos para asegurarse de la calidad de los materiales.

Una vez adjudicados la obra definitiva y antes de su instalación, el Contratista presentará al técnico encargado, los catálogos, muestra, etc. Que se relacionen en este pliego, según los distintos materiales. No se podrán emplear materiales sin que previamente hayan sido aceptados por la Dirección de Obra. Si el fabricante no reúne la suficiente garantía a juicio del Director de Obra, antes de instalarse comprobará sus características en un laboratorio oficial, en el que se realizarán las pruebas necesarias.

El control previo no constituye su recepción definitiva pudiendo ser rechazados por la Dirección de la Obra aún después de colocados si no cumplen con las condiciones exigibles en el presente Pliego de Condiciones debiendo ser reemplazados por otros que cumplan con las calidades exigibles y a cargo de la Contrata.

2.6. Remisión por solicitud de ofertas

Por la Dirección Facultativa se solicitarán ofertas a las empresas especializadas del sector, para la realización de las instalaciones especificadas en el presente proyecto, para lo cual se pondrá a disposición de los ofertantes un ejemplar del citado proyecto o un extracto con los datos suficientes. En caso de que el ofertante lo estime de interés deberá presentar además de la mencionada, la o las soluciones que recomiende para resolver la instalación.

El plazo máximo fijado para la recepción de las ofertas será de un mes.

2.7. Presencia del Contratista en la obra

El Contratista, por sí o por medio de sus representantes o encargados estará en la obra durante la jornada legal de trabajo y acompañará a la Dirección Facultativa en las visitas que hará en la obra durante la jornada laboral.

Por sí, o por medio de sus representantes asistirá a las reuniones de obra que se convoquen, no pudiendo justificar por motivo de ausencia ninguna reclamación a las órdenes cruzadas por la Dirección Facultativa en el transcurso de las reuniones.

2.8. Oficina de obra

El Contratista habilitará una oficina de obra en la que existirá una mesa o tablero adecuado, para extender y consultar sobre él los planos. En dicha oficina tendrá siempre el Contratista una copia autorizada de todos los documentos del proyecto que le hayan sido facilitados por la Dirección Facultativa y el libro de órdenes.

2.9. Residencia del Contratista

Desde que se dé comienzo a las obras hasta su recepción definitiva, el Contratista o un representante suyo autorizado deberá residir en un punto próximo al de ejecución de los trabajos y no podrá ausentarse de él sin previo conocimiento de la Dirección Facultativa y notificándole expresamente la persona que, durante su ausencia, le ha de representar en todas sus funciones. Cuando se falte a lo anteriormente prescrito, se considerarán válidas las notificaciones que se efectúen al individuo más caracterizado o de mayor categoría técnica de los empleados u operarios que, como dependientes de la Contrata, intervengan en las obras y, en ausencia de ellos, las depositadas en la residencia, designada como oficial, de la Contrata en los documentos del proyecto, aún en ausencia o negativa por parte de los dependientes de la Contrata.

2.10. Recusación por el contratista del personal nombrado por la Dirección Facultativa

El Contratista no podrá recusar al personal técnico de cualquier índole, dependiente de la Dirección Facultativa o de la propiedad, encargado de la vigilancia de las obras, ni pedir por parte de la propiedad que se designen otros facultativos para los reconocimientos y mediciones. Cuando se crea perjudicado con los resultados de éstos, procederá de acuerdo con lo estipulado en el punto 12 del presente pliego, pero sin que, por esta causa, pueda interrumpirse la marcha de los trabajos.

2.11. Libro de órdenes

El Contratista tendrá siempre en la oficina de la obra y a disposición de la Dirección Facultativa un libro de órdenes con sus hojas foliadas por duplicado y visado por el colegio profesional correspondiente. En el libro se redactarán todas las órdenes que la Dirección Facultativa crea oportuno dar al Contratista para que adopte las medidas de todo género que puedan sufrir los obreros.

Cada orden deberá ser firmada por la Dirección Facultativa y por el Contratista o por su representante en obra, la copia de cada orden quedará en poder de la Dirección Facultativa.

El hecho de que en el libro no figuren redactadas las órdenes que ya preceptivamente tienen la obligación de cumplimentar el Contratista de acuerdo con lo establecido en las normas oficiales, no supone atenuante alguno para las responsabilidades que sean inherentes al Contratista, no podrá tener en cuenta ningún acontecimiento o documento que no haya quedado mencionado en su momento oportuno en el libro de órdenes.

2.12. Reclamaciones contra la Dirección Facultativa

Las reclamaciones que el Contratista quiera hacer contra las órdenes de la Dirección Facultativa sólo podrán presentarlas a través de la misma ante la Propiedad, si ellas son de orden económico y de acuerdo con condiciones estipuladas en los Pliegos de Condiciones correspondientes; contra disposiciones de orden técnico o facultativo de la Dirección Técnica, no se admitirá reclamación alguna, pudiendo el Contratista salvar sus responsabilidades, si lo estima oportuno, mediante exposición razonada dirigida a la Dirección Facultativa la cuál podrá limitar su contestación al acuse de recibo, que en todo caso será obligatorio para este tipo de reclamaciones.

2.13. Despidos por insubordinación, incapacidad y mala fe

Por falta de respeto y obediencia a la Dirección Facultativa o al personal encargado de la vigilancia de las obras, por manifiesta incapacidad, o por actos que comprometan o perturben la marcha de los trabajos y su seguridad, el contratista tendrá obligación de despedir a sus dependientes y operarios a requerimiento de la Dirección Facultativa.

2.14. Orden de los trabajos

El Director de Obra fijará el orden a seguir en la realización de las distintas partes que componen este Proyecto, así como las normas a seguir en todo lo no regulado en el presente Proyecto.

En general, la determinación del orden de los trabajos será facultad potestativa de la Contrata, salvo aquellos casos en que, por cualquier circunstancia de orden técnico o facultativo, la Dirección estime conveniente su variación.

Estas órdenes deberán comunicarse precisamente por escrito a la Contrata y ésta estará obligada a su estricto cumplimiento, siendo directamente responsable de cualquier daño o perjuicio que pudiera sobrevenir por su incumplimiento.

2.15. Replanteo

Antes de dar comienzo las obras, la Dirección Facultativa auxiliada del personal subalterno necesario y en presencia del Contratista o de su representante, procederá al replanteo general de la obra. Una vez finalizado el mismo, se levantará acta de comprobación del replanteo.

Los replanteos de detalle se llevarán a cabo de acuerdo con las instrucciones y órdenes de la Dirección Facultativa, quien realizará las comprobaciones necesarias en presencia del Contratista o de su representante.

El Contratista se hará cargo de las estacas, señales y referencias que se dejen en el terreno como consecuencia del replanteo.

El contratista está obligado a satisfacer los gastos de replanteo, tanto en general como parciales, y sucesivas comprobaciones. Asimismo, serán de cuenta del contratista los que originen el alquiler o adquisición de los terrenos para depósitos de maquinaria y materiales, los de protección de materiales y obra contra todo deterioro, daño e incendio, cumpliéndose los requisitos vigentes para almacenamiento de carburantes desde los puntos de vista de seguridad y accidentes, los de limpieza y evacuación de los desperdicios, basura, escombros, etc., los motivados por desagües y señalización y

demás recursos.

También serán de cuenta del Contratista los gastos totales de Dirección Facultativa y desplazamiento de personal y material para la inspección y vigilancia, recepción y liquidación.

2.16. Comienzo de las obras

El contratista deberá dar comienzo a las obras en el plazo marcado en el Contrato de adjudicación de la obra desarrollándose en las formas necesarias para que dentro de los periodos parciales en aquel reseñados, queden ejecutadas las obras correspondientes y que, en consecuencia la ejecución total, se lleve a cabo dentro del plazo exigido por el Contrato.

Obligatoriamente y por escrito, deberá el Contratista dar cuenta a la Dirección Facultativa del comienzo de los trabajos, antes de transcurrir veinticuatro horas de su iniciación. Previamente se habrá suscrito el acta de replanteo en las condiciones establecidas en el punto 15 del presente pliego.

2.17. Plazo de ejecución

Los plazos de ejecución total y parciales, indicados en el contrato, se empezarán a contar a partir de la fecha de replanteo, que no exceda de 7 días a partir de la fecha de la contrata, y deberán quedar terminadas en el plazo improrrogable de 3 meses, contados a partir de la fecha del acta de replanteo.

El Contratista estará obligado a cumplir con los plazos que se señalen en el contrato para la ejecución de las obras y que serán improrrogables. No obstante además de lo anteriormente indicado, los plazos podrán ser objeto de modificaciones cuando así resulte por cambios determinados por el Director de Obra debidos a exigencias de la realización de las obras y siempre que tales cambios influyan realmente en los plazos señalados en el Contrato.

Si por cualquier causa ajena por completo al Contratista, no fuera posible empezar los trabajos en la fecha prevista o tuvieran que ser suspendidos una vez empezados, se concederá por el Director Obra la prórroga estrictamente necesaria.

2.18. Condiciones generales de ejecución de los trabajos

Todos los trabajos se ejecutarán con estricta sujeción al Proyecto que haya servido de base a la Contrata a las modificaciones del mismo que, previamente hayan sido aprobadas y a las órdenes e instrucciones que bajo su responsabilidad y por

escrito entregue la Dirección Facultativa al Contratista siempre que éstas encajen dentro de la cifra a que ascienden los presupuestos aprobados.

2.19. Trabajos defectuosos

El Contratista debe emplear los materiales que cumplan con las condiciones exigidas en las condiciones generales de índole técnico del Pliego de Condiciones en la edificación y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo especificado también en dicho documento.

Por ello, y hasta que tenga lugar la recepción definitiva de la obra, el Contratista es el único responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que en estos puedan existir, por su mala ejecución o por la deficiente calidad de los materiales empleados o aparatos colocados, sin que pueda servirle la excusa ni le otorgue derecho alguno, la circunstancia de que la Dirección Facultativa o sus subalternos no le hayan llamado la atención sobre el particular, ni tampoco el hecho de que hayan sido valorados en las certificaciones parciales de la obra que siempre se supone que se extienden y abonan a buena cuenta.

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando la Dirección Facultativa o su representante en la obra advierta vicios o defectos en los trabajos ejecutados, o que los materiales empleados, o los aparatos colocados no reúnan las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos, o finalizados estos y antes de verificarse la recepción definitiva de la obra, podrá disponer que las partes defectuosas sean demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado y todo ello a expensas de la Contrata.

Si ésta no estimase justa la resolución y se negase a la demolición y reconstrucción ordenadas, se procederá con lo establecido en el punto 22.

2.20. Aclaraciones y modificaciones de los documentos del Proyecto

Cuando se trata de aclarar, interpretar o modificar preceptos de los Pliegos de Condiciones, las órdenes e instrucciones de los planos, las órdenes e instrucciones correspondientes se comunicarán por escrito al Contratista, estando éste obligado a su vez a devolver, ya los originales, ya las copias, suscribiendo con su firma al enterado, que figura así mismo en todas las órdenes, avisos o instrucciones que reciba tanto de la Propiedad como de la Dirección Técnica.

Cualquier reclamación que en contra de las disposiciones tomadas por estos crea oportuno no hacer el Contratista, habrá de dirigirla, dentro del plazo de 15 días a la Dirección Facultativa, la cual dará al Contratista el correspondiente recibo si éste lo solicitase.

2.21. Ampliación del Proyecto por causas imprevistas de fuerza mayor

Si por causa de fuerza mayor o independencia de la voluntad del Contratista y siempre que esta causa sea distinta de las que se especifiquen como la rescisión en el capítulo de condiciones generales de índole legal, aquel no pudiese comenzar las obras, o tuviese que suspenderlas, o no le fuera posible terminarlas en los plazos prefijados se le otorgará una prórroga proporcionada para el cumplimiento de la Contrata, previo informe de la Dirección Facultativa.

Para ello, el Contratista expondrá por escrito dirigido a la Dirección Facultativa, la causa que impide la ejecución o la marcha de los trabajos y el retraso de que por ello se originaría en los plazos acordados razonando la prórroga que por dicha causa se solicita.

2.22. Obras ocultas

De todos los trabajos donde haya unidades de obra que tienen que quedar ocultos a la terminación del edificio, se levantarán los planos precisos e indispensables para que queden perfectamente definidos; estos documentos se extenderán por triplicado y se entregarán uno al Propietario, otro a la Dirección Facultativa y el tercero al Contratista, firmados todos ellos por estos dos últimos.

Dichos planos, que deberán ir acotados, se considerarán documentos indispensables e irrecusables para efectuar las mediciones.

2.23. Vicios ocultos

Si la Dirección Facultativa tuviese fundadas razones para creer la existencia de vicios ocultos de construcciones en las obras ejecutadas, ordenará efectuar en cualquier tiempo y antes de la recepción definitiva, las demoliciones que crea necesarias para reconocer los trabajos que supone defectuosos. Los gastos de demoliciones y reconstrucción que se ocasiona serán de cuenta del Contratista, siempre que los vicios existan realmente y en caso contrario correrán a cargo del Propietario.

2.24. Medios auxiliares

Serán de cuenta y riesgo del Contratista los andamiajes, máquinas y demás medios auxiliares que para la debida marcha y ejecución de los trabajos se necesitan al Propietario responsabilidad alguna por cualquier avería o accidente personal que pueda ocurrir en las obras por insuficiencia de dichos medios auxiliares. Todos estos, siempre que no se haya estipulado lo contrario en las condiciones particulares de la

obra quedarán a beneficio del Contratista, sin que este pueda fundar reclamación alguna en la insuficiencia de dichos medios, cuando estos estén detallados en el presupuesto y consignados por partidaalzada o incluidos en los precios de las unidades de obra.

En caso de rescisión por incumplimiento del Contrato por parte del Contratista, los medios auxiliares del Constructor podrán ser utilizados libre y gratuitamente por la Administración, para la terminación de las obras.

En cualquier caso, todos estos medios auxiliares quedarán en propiedad del Contratista una vez terminadas las obras, pero ningún derecho tendrá a reclamación alguna por parte de los desperfectos a que su uso haya dado lugar.

2.25. Medidas de seguridad

El Contratista deberá atenerse a las disposiciones vigentes sobre la seguridad e higiene en el trabajo, tanto en lo que se refiere al personal de la obra como a terceros.

Como elemento primordial de seguridad se prescribirá el establecimiento de señalización necesaria tanto durante el desarrollo de las obras, como durante su explotación, haciendo referencia bien a peligros que existan o a las limitaciones de las estructuras.

Se utilizarán, cuando existan, las correspondientes señales establecidas por el Ministerio competente, y en su defecto por departamentos nacionales u organismos internacionales.

2.26. Recepción provisional, plazo de garantía y recepción definitiva

2.26.1 Recepción provisional

Terminado el plazo de ejecución de las obras y puesta en servicio, se procederá a la recepción provisional de las mismas estando presente la comisión que designe el Contratista y el Director de Obra. Se realizarán todas las pruebas que el Director de Obra estime oportunas para el cumplimiento de todo lo especificado en este pliego y buena ejecución y calidad de las mismas, siendo inapelable el fallo que dicho Director, a la vista del resultado de las mismas, de donde sobre la validez o invalidez de las obras ejecutadas.

Si las obras se encuentran en buen estado y han sido ejecutadas con arreglo a las condiciones establecidas, se darán por recibidas provisionalmente comenzando a correr en dicha fecha el plazo de garantía señalado en el presente pliego y

procediéndose en el plazo más breve posible a su medición general y definitiva, con asistencia del Contratista o su representante.

Cuando las obras no se encuentren en estado de ser recibidas, se hará constar en el acta especificando las premisas que el Director de Obra debe señalar al Contratista para remediar los defectos observados, fijando un plazo para ello.

2.26.2 Conservación de los trabajos recibidos provisionalmente

Si el Contratista, siendo su obligación, no atiende a la conservación de la obra durante el plazo de garantía, en el caso de que el edificio no haya sido ocupado por el propietario, procederá a disponer todo lo que se precise para que se atienda a la guardería, limpieza y todo lo que fuese menester para su buena conservación, abonándose todo ello por cuenta de la Contrata.

Al abandonar el Contratista el edificio, tanto por buena terminación de las obras, como en el caso de rescisión de contrato, está obligado a dejarlo desocupado y limpio en el plazo que la Dirección Facultativa fije.

Después de la recepción provisional del edificio y en el caso de que la conservación del mismo corra a cargo del Contratista, no deberá haber en él mas herramientas, útiles, materiales, muebles, etc., que los indispensables para su guardería y limpieza y para los trabajos que fuere preciso realizar.

En todo caso, ocupado o no el edificio, está obligado el Contratista a revisar y repasar la obra durante el plazo expresado, procediendo en la forma prevista en el presente Pliego de Condiciones Económicas.

El Contratista se obliga a destinar a su costa a un vigilante de las obras que prestará su servicio de acuerdo con las órdenes recibidas de la Dirección Facultativa.

2.26.3. Plazo de garantía

El plazo de garantía será de un año a contar desde la fecha de su recepción provisional. Durante el periodo de garantía todas las reparaciones derivadas de mala construcción imputables al contratista serán abonadas por éste.

Si el Director de Obra tuviera fundadas razones para creer en la existencia de vicios de construcción en las obras ejecutadas, ordenará efectuar antes de la recepción definitiva las demoliciones que crea necesarias para reconocer los trabajos. Los gastos derivados en dichas demoliciones correrán a cargo del Contratista, siempre que existan tales vicios, en caso contrario correrán a cargo de la Propiedad.

2.26.4. Recepción definitiva

Pasado el plazo de garantía, si las obras se encuentran en perfecto estado de uso y conservación, de acuerdo al presente pliego, se darán por recibidas definitivamente.

Una vez recibidas definitivamente las obras se procederá de inmediato a su liquidación y resolución de la fianza de la que se detraerán las sanciones o cargas que procedan conforme a lo estipulado en el presente pliego.

En caso de que las obras no se encuentren en estado para la recepción definitiva, se procederá de igual forma que para la recepción provisional sin que el Contratista tenga derecho a percibir cantidad alguna en concepto de ampliación del plazo de garantía.

2.27. Casos no previstos en este pliego.

El Director de Obra dará las normas a seguir en todo aquello que no quede regulado en este Pliego de Condiciones.

3. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES ECONÓMICAS

3.1. Alcance

Comprenderán las que afecten al coste y pago de las obras contratadas, al plazo y forma de las entregas, a las fianzas y garantías para el cumplimiento del Contrato establecido, a los casos que proceden las mutuas indemnizaciones y todas las que se relacionen con la obligación contraída por el Propietario a satisfacer el importe y la remuneración del trabajo contratado, una vez ejecutadas, parcial o totalmente por el Contratista, y de acuerdo con las condiciones convenidas, las que le fueran adjudicadas.

3.2. Base fundamental

La base fundamental de estas condiciones es que el Contratista debe percibir el importe de todos los trabajos ejecutados, siempre que éstos se hayan realizado con arreglo y sujeción al Proyecto y condiciones generales y particulares que rijan la construcción contratada.

3.3. Garantías de cumplimiento y fianzas.

3.3.1. Garantías

El Ingeniero Director podrá exigir al Contratista la presentación de referencias bancarias o de otras entidades o personas, al objeto de cerciorarse de si éste reúne todas las condiciones requeridas para el exacto cumplimiento del contrato; dichas referencias, si le son pedidas, las presentará el Contratista antes de la firma del Contrato.

3.3.4. Fianzas

Si la obra se adjudica por subasta, el depósito para tomar parte de ella se especificará en el anuncio de la misma y su cuantía será de un 3 % como mínimo del total del presupuesto de contrata.

La persona o entidad a quien se haya adjudicado la ejecución de la obra, deberá depositar en el punto y plazo marcados en el anuncio de la subasta la fianza definitiva de éstas y en su defecto, su importe será del 10% de la cantidad por la que se otorgue la adjudicación de la obra.

La fianza que se exigirá al Contratista se convendrá entre el Ingeniero y el Contratista, entre una de las siguientes:

Depósito de valores públicos del Estado por un importe del 10% del presupuesto de la obra contratada.

Depósito en metálico de la misma cuantía indicada en el anterior apartado.

Depósito previo en metálico de la misma cuantía del 10% del presupuesto mediante deducción del 5% efectuadas del importe de cada certificación abonada al Contratista.

Descuento del 10% efectuado sobre el importe de cada certificación abonada al Contratista.

3.4. Ejecución de los trabajos con cargo a la fianza

Si el Contratista se negara a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, el Ingeniero en nombre y representación del Propietario, los ordenará a ejecutar a un tercero, o directamente por Administración abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones legales a que tenga derecho el Propietario en el caso de que el importe de la fianza no baste para abonar el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fueran de recibo.

3.5. Devolución de la fianza

La fianza será devuelta al Contratista en el plazo que no exceda de 8 días, una vez firmada el acta de recepción definitiva de la obra, siempre que el Contratista haya acreditado, por medio de la certificación del Alcalde al Distrito Municipal en cuyo término se halle emplazada la obra contratada, y no haya reclamación alguna contra aquel por los daños y perjuicios que sean de su cuenta o por deudas de jornales o materiales, ni por indemnizaciones derivadas de accidentes ocurridos en el trabajo.

3.6. Penalizaciones.

3.6.1. Importe de indemnización por retraso no justificado

El importe de la indemnización que debe abonar el Contratista, por causa de retraso no justificada en el plazo de terminación de las obras contratadas, se fijará entre cualquiera de los siguientes:

- Una cantidad fija durante el tiempo del retraso.
- El importe de la suma de perjuicios materiales causados por la imposibilidad de ocupación del inmueble, previamente fijados.
- El abono de un tanto por ciento anual sobre el importe del capital desembolsado a la terminación del plazo fijado y durante el tiempo que dure el retraso.

La cuantía y el procedimiento a seguir para fijar el importe de la indemnización, entre los anteriores especificados, se obtendrán expresamente entre ambas partes contratantes, antes de la firma del Contrato; a falta de este previo convenio, la cuantía de la indemnización se entiende que será el abono por el Contratista al Propietario de un interés del 4,5% anual, sobre las sumas totales de las cantidades desembolsadas por el Propietario, debidamente justificadas y durante el plazo de retraso de la entrega de las obras, en las condiciones contratadas.

3.7. Precios y revisiones.

3.7.1. Precios contradictorios

Si ocurriese algún caso por virtud del cual fuese necesario fijar un nuevo precio, se procederá a estudiarlo y convenirlo contradictoriamente de la siguiente forma:

El Contratista formulará por escrito, bajo su firma, el precio que, a su juicio, debe aplicarse a la nueva unidad.

La Dirección técnica estudiará el que, según su criterio, debe utilizarse.

Si ambos son coincidentes se formulará por la Dirección técnica el acta de avenencia, igual que si cualquier pequeña diferencia o error fuesen salvados por simple exposición y convicción de una de las partes, quedando así formalizado el precio contradictorio.

Si no fuera posible conciliar por simple discusión los resultados, la Dirección Facultativa propondrá a la Propiedad que adopte la resolución que estime conveniente, que podrá ser aprobatoria del precio exigido por el Contratista o, en otro caso, la segregación de la obra o instalación nueva, para ser ejecutada a por administración o por otro adjudicatario distinto.

La fijación del precio contradictorio habrá de preceder necesariamente al comienzo de la nueva unidad, puesto que, si por cualquier motivo ya se hubiese comenzado, el Contratista estará obligado a aceptar el que buenamente quiera fijarle la

Dirección Facultativa y a concluir a satisfacción de éste.

De los precios así acordados se levantarán actas que firmarán por triplicado el Director de Obra, el Propietario y el Contratista o los representantes autorizados a estos efectos por estos últimos.

3.7.2. Revisión de precios

Si los vigentes precios de jornales, cargas sociales y materiales, en el momento de firmar el Contrato, experimentan una variación oficial en más o menos de 5%, podrá hacerse una revisión de precios a petición de cualquiera de las partes, que se aplicará a la obra que falte por ejecutar. En caso de urgencia podrá autorizarse la adquisición de materiales a precios superiores, siendo el abono de la diferencia con los contratos.

Contratándose las obras a riesgo y ventura, es natural por ello que en principio no se debe admitir la revisión de los precios contratados. No obstante y dada la variabilidad continua de los precios de los jornales y sus cargas sociales, así como la de los materiales y transportes, que son características de determinadas épocas anormales se admite durante ellas la rescisión de los precios contratados, bien en alza o en baja y en armonía con las oscilaciones de los precios del mercado.

El Contratista puede solicitar la revisión en alza del Propietario en cuanto se produzca cualquier alteración de precio que repercuta aumentando los contratados. Ambas partes convendrán el nuevo precio unitario antes de comenzar o de recontinuar la ejecución de la unidad de obra en que intervenga el elemento cuyo precio en el mercado y por causas justificadas haya subido, especificándose y acordándose también previamente la fecha a partir de la cual se tendrá en cuenta y cuando proceda, el acopio de materiales en la obra en el caso que estuviese abonado total o parcialmente por el Propietario.

Si el Propietario o el Ingeniero en su representación no estuviese conforme con los nuevos precios de materiales que el Contratista desea percibir como normales en el mercado, que tienen la facultad de proponer al Contratista, cuyos casos se tendrán en cuenta para la revisión, los precios de los materiales adquiridos por el Contratista merced a la información del Propietario.

Cuando entre los documentos aprobados por ambas partes figurase el relativo a los precios unitarios contratados descompuestos, se seguirá un procedimiento similar al preceptuado en los casos de revisión por alza de precios.

3.7.3. Reclamaciones de aumentos de precios

Si el Contratista, antes de la firma del contrato no hubiese hecho la reclamación

y observación oportuna, no podrá bajo ningún pretexto de error u omisión reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto que se aprobase para la ejecución de las obras.

Tampoco se le admitirá reclamación de ninguna especie fundada en indicaciones que, sobre las obras, se hagan en la Memoria, por no servir este documento de base a la Contrata. Las equivocaciones materiales o errores aritméticos en las unidades de obra o en su importe, se corregirán en cualquier época que se observen, pero no se tendrán en cuenta a los efectos de la rescisión del contrato, señalados en los documentos relativos a las Condiciones Generales o Particulares de índole Facultativa, sino en el caso de que la Dirección Facultativa o el Contratista los hubieran hecho notar dentro del plazo de cuatro meses contados desde la fecha de la adjudicación. Las equivocaciones materiales no alterarán la baja proporcional hecha en la Contrata, respecto del importe del presupuesto que ha de servir de base a la misma, puesto esta baja se fijará siempre por la relación entre las cifras de dicho presupuesto, antes de las correcciones y la cantidad ofrecida.

3.8. Normas para la adquisición de los materiales

Si al Contratista se le autoriza a gestionar y adquirir los materiales, deberá presentar al Propietario los precios y las muestras de los materiales, necesitando su previa aprobación antes de adquirirlos.

Si los materiales fuesen de inferior calidad a las muestras presentadas y aprobadas, el Contratista adquiere la obligación de rechazarlos hasta que se le entreguen otros de las calidades ofrecidas y aceptadas. A falta del cumplimiento de esta obligación, el Contratista indemnizará al Propietario con el importe de los perjuicios que por su incumplimiento se originen, cuya cuantía la evaluará el Ingeniero Director.

3.9. Intervención administrativa del Propietario

Todos los documentos que deben figurar en las cuentas de administración llevarán la conformidad del representante en los partes de jornales, transportes y materiales, firmando su conformidad en cada uno de ellos.

3.10. Mejora de obras

No se admitirán mejorar las obras, más que en el caso que el Ingeniero haya ordenado por escrito la ejecución de los trabajos nuevos o que mejoren la calidad de los contratados.

Tampoco se admitirán aumentos de obra en las unidades contratadas, salvo el caso de error en las mediciones del Proyecto, a menos que el Ingeniero ordene también por escrito la ampliación de las contratadas.

Será condición indispensable que ambas partes contratadas convengan por escrito los importes totales de las unidades mejoradas, los precios de los nuevos materiales y los aumentos de todas las mejoras.

3.11. Unidades de obra no conformes con el Proyecto

Si el Contratista, por causa justificada a juicio del Ingeniero propusiera la ejecución de algún trabajo que no esté conforme con las condiciones de la contrata y por causas especiales de excepción la estimase el Ingeniero, éste resolverá dando conocimiento al Propietario y estableciendo contradictoriamente con el Contratista la rebaja del precio.

3.12. Medición, valoración y abono de las unidades de obra.

3.12.1. Medición, valoración y abono de las unidades de obra

El pago de obras realizadas se hará sobre certificaciones parciales que se practicarán mensualmente. Dichas certificaciones contendrán solamente las unidades de obra totalmente terminadas que se hubieran ejecutado en el plazo a que se refieran.

La relación valorada que figure en las certificaciones, se hará con arreglo a los precios establecidos y con la cubicación, planos y referencias necesaria para su comprobación.

La comprobación, aceptación o reparos deberán quedar terminadas por ambas partes en un plazo máximo de 15 días.

El Director de Obra expedirá las certificaciones de las obras ejecutadas, que tendrán carácter provisional a buena cuenta, verificables por la liquidación definitiva o por cualquiera de las certificaciones siguientes, no suponiendo por otra parte, aprobación ni recepción de las obras ejecutadas y comprendidas en dichas certificaciones.

Serán de abono al Contratista las obras de fábrica ejecutadas con arreglo a condiciones y con sujeción a los planos del Proyecto o a las modificaciones introducidas por el Director Técnico en el replanteo o durante la ejecución de las obras, que constarán en planos de detalle y órdenes escritas. Se abonarán por su volumen o su

superficie real de acuerdo con lo que se especifique en los correspondientes precios unitarios que figuran en el cuadro de precios.

3.12.2. Mediciones parciales y finales

Las mediciones parciales se verificarán en presencia del Contratista, de lo que se levantará acta por duplicado, que será firmada por ambas partes. La medición final se hará después de terminadas las obras con precisa asistencia del Contratista.

En el acta que se extienda, de haberse verificado la medición en los documentos que le acompañan, deberá aparecer la conformidad del Contratista o de su representación legal.

En caso de no haber conformidad, lo expondrá sumariamente y a reserva de ampliar las razones que a ello obliga.

3.12.3. Composición de los precios unitarios

Los precios unitarios se compondrán preceptivamente de la siguiente forma:

- Mano de obra, por categorías dentro de cada oficio, expresando el número de horas intervenidas por cada operario en la ejecución de cada unidad de obra y los jornales horarios correspondientes.
- Materiales, expresando la cantidad que en cada unidad de obra se precise de cada uno de ellos y su precio unitario respectivo en origen.
- Transporte de materiales, desde el punto de origen al pie de trabajo.
- Tanto por ciento de medios auxiliares y de seguridad.
- Tanto por ciento de gastos generales.
- Tanto por ciento de seguros y cargas sociales.
- Tanto por ciento de beneficio industrial del Contratista.

3.12.4. Composición de los precios por ejecución material

Se entiende por precio de ejecución material el que importe el coste total de la unidad de obra, es decir, el resultante de la suma de las partidas.

3.12.5. Composición de los precios por contrata

En el caso de que los trabajos a realizar en la obra y obra aneja, se entiende por precio de contrata el que importe el coste de la unidad de obra total, es decir, el precio de ejecución material más el tanto por ciento sobre éste último precio en concepto de “beneficio industrial del Contratista” más el tanto por ciento de “gastos generales”.

A falta de convenio especial se aplicará el 6% de BI y el 13% de GG. De acuerdo con lo establecido se entiende por importe de contrata de un edificio u obra aneja, a la suma de su importe de ejecución material más el 6% de beneficio industrial y 13% de gastos generales.

3.12.6. Composición de los precios por administración

Se denominan obras por administración aquellas en que las gestiones que se precisen realizar, las lleva a cabo el Propietario, bien por sí o por un representante suyo, o bien por mediación de su Constructor.

Las obras por administración directa son aquellas en las que el Propietario por sí o por mediación de un representante suyo lleva las gestiones precisas para la ejecución de las obras.

Las obras por administración indirecta son aquellas en las que convienen un Propietario y el Contratista, para que éste por cuenta de aquel y como delegado suyo realice las gestiones y los trabajos que se precisen y así se convengan.

Por parte del Propietario, tiene la obligación de abonar directamente o por mediación del Contratista todos los gastos inherentes a la realización de los trabajos. Por parte del Contratista, la obligación de llevar la gestión práctica de los trabajos.

Para la liquidación de los trabajos que se ejecute por administración indirecta, regirán las normas que a tales fines se establece en las Condiciones Particulares de índole económico vigente en la obra:

- Las facturas de los transportes de materiales entrados en la obra.
- Los documentos justificativos de las partidas abonadas por los seguros y cargas sociales vigentes.
- Las nóminas de los jornales abonados.
- Los recibos de licencias, impuestos y demás cargas inherentes a la obra.
- A la suma de todos los gastos inherentes a la propia obra en cuya gestión o

pago haya intervenido el Contratista se le aplicará un 15%, incluidos los medios auxiliares y los de seguridad.

.3.12.7. Precio del material acopiado a pie de obra

Si el Propietario ordenase por escrito al Contratista el acopio de materiales o aparatos en la obra a los precios contratados y ésta así lo efectuase, los que se hayan acopiado se incluirán en la certificación siguiente a su entrada en la obra.

3.12.8. Precios de las unidades de obra y de las partidas alzadas

En los precios de las distintas unidades de obra, en los de aquellas que hayan de abonarse por partidas alzadas, se entenderán que se comprende el de la adquisición de todos los materiales necesarios, su preparación y mano de obra, transporte, montaje, colocación, pruebas y toda clase de operaciones y gastos que vayan a realizarse, así como riesgos y gravámenes que puedan sufrirse, aún cuando no figuren explícitamente en el cuadro de precios, para dejar la obra completamente terminada, con arreglo a las condiciones, y para conservarla hasta el momento en que se realice la entrega.

Los precios serán invariables, cualquiera que sea la procedencia de los materiales y el medio de transporte, sin más excepción que la expresada en este Pliego.

3.12.9. Relaciones valoradas y certificaciones

Lo ejecutado por el Contratista se valorará aplicando al resultado de la medición general los precios señalados en el presupuesto para cada una de ellas, teniendo en cuenta además lo establecido en el presente pliego respecto a mejoras o sustituciones de materiales y a las obras accesorias y especiales.

Al Contratista se lo facilitarán por el Ingeniero los datos de la certificación, acompañándolos de una nota de envío, al objeto, que dentro del plazo de 10 días a partir de la fecha del envío de dicha nota, pueda el Contratista examinarlos y devolverlos firmados con su conformidad, hacer en caso contrario, las observaciones o reclamaciones que considere oportunas.

Dentro de los 10 días siguientes a su recibo, el Ingeniero aceptará o rechazará las reclamaciones al Contratista si las hubiera, dando cuenta al mismo de su resolución, pudiendo éste, en el segundo caso, acudir ante el Propietario contra la resolución del Ingeniero en la forma prevenida en los pliegos anteriores.

Cuando por la importancia de la obra, o por la clase y número de documentos,

no considere el Contratista suficiente aquel plazo para su examen, podrá el Ingeniero concederle una prórroga. Si transcurrido el plazo de 10 días a la prórroga expresada no hubiese devuelto el Contratista los documentos remitidos, se considerará que está conforme con los referidos datos, y expedirá el Ingeniero la certificación de las obras ejecutadas.

El material acopiado a pie de obra por indicación expresa y por escrito del Propietario, podrá certificarse hasta el 90% de su importe, a los que figuren en los documentos del proyecto, sin afectarlos del tanto por ciento de contrata.

Las certificaciones se remitirán al Propietario, dentro del mes siguiente al período a que se refieren, y tendrán el carácter de documento y entregas a buena cuenta sujetas a las rectificaciones y variaciones que se deriven de la liquidación final, no suponiendo tampoco dichas certificaciones aprobación ni recepción de las obras que comprenden.

Las relaciones valoradas contendrán solamente la obra ejecutada en el plazo a que la valoración se refiere.

En el caso de que el Ingeniero lo exigiera, las certificaciones se extenderán al origen.

3.12.10. Valoración en el caso de rescisión

Cuando se rescinda la contrata por causas que no sean de la responsabilidad del Contratista, las herramientas y demás útiles que como medios auxiliares de la construcción se hayan estado empleando en las obras con autorización del Ingeniero y la contrata y de no mediar acuerdo, por los amigables componedores de índole legal y facultativa.

A los precios de tasación sin aumento alguno, recibirá el Propietario aquellos de dichos medios auxiliares que señalan en las condiciones de cada contrata, o en su defecto los que se consideren necesarios para terminar las obras y quiera reservar para sí el Contratista, entendiéndose que si no tendrán lugar el abono por este concepto, cuando el importe de los trabajos realizados hasta la rescisión no llegue a los tercios de la obra contratada.

Se abonarán los materiales acopiados al pie de obra si son de recibo y de aplicación para terminar esta, en una cantidad proporcionada a la obra pendiente de ejecución, aplicándose a estos materiales los precios que figuren en el cuadro de precios descompuestos. También se abonarán los materiales acopiados fuera de la obra, siempre que se transporten al pie de ella.

En el caso de rescisión por falta de pago o retraso en el abono o suspensión por plazo superior de un año imputable al Propietario, se concederá al contratista además

de las cantidades anteriormente expuestas, una indemnización que fijará el Ingeniero, la cual no podrá exceder del 3% del valor de las obras que falten por ejecutar.

En caso de rescisión por alteración de presupuesto o por cualquiera de las causas reseñadas en las condiciones legales, no procederá más que el reintegro al Contratista de los gastos por custodias de fianza, anuncio de subasta y formalización del contrato, sin que pueda reclamar el abono de los útiles destinados a las obras.

En caso de rescisión por falta de cumplimiento en los plazos de obra, no tendrá derecho el Contratista a reclamar ninguna indemnización a las obras pero si a que se abonen las ejecutadas, con arreglo a condiciones y los materiales acopiados a pie de obra que sean de recibo.

Si lo incompleto, es la unidad de obra y la parte ejecutada en ella fuera de recibo, entonces se abonará esta parte con arreglo a lo que correspondan según la descomposición del precio que figura en el cuadro del Proyecto, sin que pueda pretender el Contratista que, por ningún motivo se efectúe la descomposición en otra forma que la que en dicho cuadro figura.

Toda unidad compuesta o mixta no especificada en el cuadro de precios, se valorará haciendo la descomposición de la misma y aplicando los precios unitarios de dicho cuadro a cada una de las partes que la integra, quedando en esta suma, así obtenida, comprendidos todos los medios auxiliares.

En general se dará al Contratista un plazo de tiempo que determinará la Dirección de la Obra, dentro de los límites de 20 y 60 días para poner el material en curso de instalaciones de ser aceptado como obra terminada, teniendo en cuenta que las no finalizadas se liquidarán a los precios elementales que figuren en el presupuesto, así como los recibos de los materiales a pie de obra que reúnan las debidas condiciones se seguirá por las disposiciones vigentes.

3.12.11. Equivocaciones en el presupuesto

Se supone que el Contratista ha hecho detenido estudio de los documentos que componen el Proyecto, y por tanto al no haber hecho ninguna observación sobre posibles errores o equivocaciones en el mismo, se entiende que no hay lugar a disposición alguna en cuanto afecta a medidas o precios, de tal suerte, que si la obra ejecutada con arreglo al proyecto contiene mayor número de unidades que las previstas, no tiene derecho a reclamación alguna.

Si por el contrario, el número de unidades fuera inferior, se descontará del presupuesto.

3.12.12. Formas de abono de las obras

El abono de los trabajos efectuados se efectuará por uno de los procedimientos siguientes, convenido por el Ingeniero y el Contratista antes de dar comienzo los trabajos:

- Tipo fijo o a tanto alzado total.
- Tipo fijo o tanto alzado por unidad de obra, cuyo precio invariable se haya fijado de antemano, pudiendo variar el número de unidades ejecutadas.
- Tanto variable por unidad de obra según las condiciones en que se realice y los materiales diversos empleados en su ejecución de acuerdo con las ordenes del Ingeniero.
- Por lista de jornales y recibos de materiales autorizados en la forma que el presente pliego determina.
- Por horas de trabajo ejecutado en las condiciones determinadas en el Contrato.

3.12.13. Abono de unidades de obra ejecutadas

El Contratista deberá percibir el importe de todas aquellas unidades de obra que haya ejecutado con arreglo y sujeción a los documentos del Proyecto, a las condiciones de la contrata y a las órdenes e instrucciones que por escrito entregue el Ingeniero.

3.12.14. Abono de trabajos presupuestados con partidas alzadas

Si existen precios contratados para unidades de obras iguales a las presupuestadas mediante partida alzada se abonará previa medición y aplicación del precio establecido.

Si existen precios contratados para unidades de obra similares, se establecerá, precios contradictorios para las unidades con partidas alzadas, deducidos de los similares contratados.

Si no existen precios contratados, para unidades de obra iguales o similares, la partida alzada se abonará íntegramente al Contratista, salvo el caso de que en el presupuesto de la obra se exprese que el importe de dicha partida debe justificarse en cuyo caso, el Ingeniero director de la obra indicará al Contratista y con anterioridad a su ejecución, el procedimiento que debe seguirse para llevar dicha cuenta.

3.12.15. Abono de trabajos ejecutados durante el plazo de garantía

Efectuada la recepción provisional y si durante el plazo de garantía se hubieran ejecutado trabajos para su abono se procederá así:

- Si los trabajos se realizan y están especificados en el Proyecto, y sin causa justificada no se hubieran realizado por el Contratista a su debido tiempo, y el Ingeniero exigiera su realización durante el plazo de garantía, serán valoradas a los precios que figuren en el presupuesto y abonados de acuerdo con lo establecido en los pliegos particulares o en su defecto en los generales, en el caso de que dichos fueran inferiores a los que rijan en la época de su realización en caso contrario, se aplicarán estos últimos.
- Si se han ejecutado trabajos precisos para la reparación de desperfectos ocasionados por el uso de las obras, por haber sido utilizadas durante dicho plazo por el Propietario, se valorarán y abonarán a los precios del día, nada se abonará por ellos al Contratista.

3.12.16. Abono de obras incompletas

Cuando por rescisión u otra causa fuera preciso valorar obras incompletas, se aplicarán los precios del presupuesto sin que pueda pretenderse la valoración de cada unidad de obra en forma distinta, ni que tenga derecho el Contratista a reclamación alguna por insuficiencia u omisión del costo de cualquier elemento que constituye el precio.

Las partidas que componen la descomposición del precio serán de abono cuando esté acopiado en obra la totalidad del material, incluidos accesorios, o realizados en su totalidad las labores u operaciones que determina la definición de la partida, ya que el criterio a seguir ha de ser que sólo se consideran abonables fases con ejecución terminadas, perdiendo el Adjudicatario todos los derechos en el caso de dejarlas incompletas.

3.12.17. Liquidaciones parciales

Las liquidaciones se harán por certificaciones mensuales y se hallarán multiplicando las unidades resultantes de las mediciones por el precio asignado de cada unidad en el presupuesto. Se añadirá el porcentaje correspondiente al sistema de Contrato, desquitando las rebajas que se obtuvieran en subasta.

3.12.18. Carácter provisional de las liquidaciones parciales

Las liquidaciones parciales tienen carácter de documentos provisionales a

buena cuenta, sujetos a certificaciones y variaciones que resulten de la liquidación final, no suponiendo tampoco dichas certificaciones aprobación ni recepción de las obras que comprenden.

La Propiedad se reserva en todo momento y especialmente al hacer efectivas las liquidaciones parciales, el derecho de comprobar que el Contratista ha cumplido los compromisos referentes al pago de jornales y materiales invertidos en la obra, a cuyo efecto deberá presentar el Contratista los comprobantes que se exijan.

3.12.19. Liquidación final

La liquidación general se llevará a cabo una vez terminadas las obras y en ella se hará constar las mediciones y valoraciones de todas las unidades de obra realizadas, las que constituyen modificaciones del proyecto, y los documentos y aumentos que se aplicaron en las liquidaciones parciales, siempre y cuando hayan sido previamente aprobadas por la Dirección técnica con sus precios.

De ninguna manera tendrá derecho el Contratista a formular reclamaciones por aumentos de obra que no estuviesen autorizados por escrito a la Propiedad con el visto bueno del Ingeniero Director.

3.12.20. Liquidación en caso de rescisión

En este caso, la liquidación se hará mediante un contrato liquidatorio, que se redactará de acuerdo por ambas partes. Incluirá el importe de las unidades de obra realizadas hasta la fecha de la rescisión.

3.12.21. Pagos

Los pagos se efectuarán por el Propietario en los plazos previamente establecidos, y sus importes corresponderán precisamente al de las certificaciones de obras expedidas por el ingeniero, en virtud de las cuales se verificarán aquellos.

3.12.22. Suspensión o retrasos en el ritmo de los trabajos por retraso en los pagos

En ningún caso podrá el Contratista, alegando retraso en los pagos, suspender trabajos o ejecutarlos a menor ritmo que el que le corresponda, con arreglo al plazo en que deben terminarse.

3.12.23. Demora de los pagos

Si el Propietario no efectuase el pago de las obras ejecutadas, dentro del mes siguiente al que corresponda el plazo convenido, el Contratista tendrá además el derecho de percibir el abono de un 4,5% anual en concepto de tiempo del retraso y sobre el importe de la mencionada certificación.

Si aún transcurrieran dos meses a partir del término de dicho plazo, tendrá derecho el Contratista a la rescisión del Contrato, procediéndose a la ejecución de la liquidación correspondiente de las obras ejecutadas y de los materiales acopiados, siempre que estos reúnan las condiciones preestablecidas y que la cantidad no exceda de la necesaria para la terminación de la obra contratada o adjudicada.

Se rechazará toda solicitud de rescisión del Contrato fundada en dicha demora de pagos, cuando el Contratista no justifique que en la fecha de dicha solicitud ha invertido en obra en los materiales acopiados admisibles la parte de presupuesto correspondiente al plazo de ejecución que tenga señalado en el Contrato.

3.12.24. Indemnización de daños causados por fuerza mayor

El Contratista no tendrá derecho a indemnización por causas de pérdidas ocasionadas en la obra sino en los casos de fuerza mayor. Para los efectos de este artículo, se considerarán como tales casos los que siguen:

- Los incendios causados por electricidad atmosférica.
- Los producidos por terremotos o los maremotos.
- Los producidos por vientos huracanados, mareas y crecidas de los ríos, superiores a los que sean de prever en el país, y siempre que exista constancia inequívoca de que por el Contratista se tomarán las medidas posibles dentro de sus medios para evitar los daños.
- Los que provengan de movimientos del terreno en el que estén construidas las obras.

La indemnización se referirá al abono de las unidades de obra ya ejecutadas con materiales acopiados a pie de obra; en ningún caso comprenderá medios auxiliares.

4. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES LEGALES

4.1. Arbitrio y jurisdicción

4.1.1. Formalización del Contrato

Los Contratos se formalizarán mediante documentos privados, que podrán elevarse a escritura pública a petición de cualquiera de las partes y con arreglo a las disposiciones vigentes. Este documento contendrá una cláusula en la que se expresa terminantemente que el Contratista se obliga al cumplimiento exacto del Contrato, conforme a lo previsto en el Pliego General de Condiciones.

El Contratista antes de firmar la escritura habrá firmado también su conformidad al pie del Pliego de Condiciones Particulares que ha de regir la obra, en los planos, cuadros de precios y presupuesto general.

4.1.2. Arbitraje obligatorio

Ambas partes se comprometen a someterse en sus diferencias al arbitraje de amigables componedores, designados uno de ellos por el Propietario, otro por la contrata y tres Ingenieros por el C.O. correspondiente, uno de los cuales será forzosamente el Director de Obra.

4.1.3. Jurisdicción competente

En caso de no haberse llegado a un acuerdo por el anterior procedimiento, ambas partes son obligadas a someterse a la discusión de todas las cuestiones que pueden surgir como derivadas de su Contrato, a las autoridades y tribunales administrativos, con arreglo a la legislación vigente, renunciando al derecho común y al fuero de su domicilio, siendo competente la jurisdicción donde estuviese enclavada la obra.

4.2. Responsabilidades legales del contratista

4.2.1. Medidas preparatorias

Antes de comenzar las obras el Contratista tiene la obligación de verificar los documentos y de volver a tomar sobre el terreno todas las medidas y datos que le sean necesarios. Caso de no haber indicado al Director de obra en tiempo útil, los errores que pudieran contener dichos documentos, el Contratista acepta todas las

responsabilidades.

4.2.2. Responsabilidad en la ejecución de las obras

El Contratista es responsable de la ejecución de las obras en las condiciones establecidas en el Contrato y en los documentos que componen el Proyecto. Como consecuencia de ello, vendrá obligado a la demolición y reconstrucción de todo lo mal ejecutado, sin que pueda servir de excusa el que la Dirección Facultativa haya examinado o reconocido la construcción durante las obras, ni el que hayan sido abonadas las liquidaciones parciales.

4.2.3. Legislación Social

Habrà de tenerse en cuenta por parte del Contratista la Reglamentación de Trabajo, así como las demás disposiciones que regulan las relaciones entre patronos y obreros, contratación del Seguro Obligatorio, Subsidio Familiar y de Vejez, los Accidentes de Trabajo, Seguridad e Higiene en el Trabajo y demás con carácter social urgentes durante la ejecución de las obras.

El Contratista ha de cumplir lo reglamentado sobre seguridad e higiene en el trabajo, así como la legislación actual en el momento de ejecución de las obras en relación sobre protección a la industria nacional y fomento del consumo de artículos nacionales.

4.2.4. Medidas de seguridad

En caso de accidentes ocurridos a los operarios con motivo de ejercicios en los trabajos para la ejecución de las obras, el Contratista se atenderà a lo dispuesto a estos respectos vigentes en la legislación, siendo en todo caso único responsable de su incumplimiento y sin que por ningún concepto pueda quedar afectada la Propiedad, por responsabilidad en cualquier aspecto.

De los accidentes y perjuicios de todo género que por cumplir el Contratista lo legislado sobre la materia, pudiera recaer o sobrevenir, será este el único responsable, o sus representantes en la obra, ya se considera que los precios contratados están incluidos todos los gastos precisos para cumplimentar debidamente, dichas disposiciones legales, será preceptivo que el tablón de anuncios de la obra presente artículos del Pliego de Condiciones Generales de índole general, sometido previamente a la firma de la Dirección Facultativa.

El Contratista está obligado a adoptar todas las medidas de seguridad que las disposiciones vigentes perpetúen para evitar en lo posible accidentes a los obreros y a

los andantes no sólo en los andamios, sino en todos los lugares peligrosos de la obra.

Se exigirán con especial atención la observación de lo regulado por la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo (O.G.S.H.T.).

4.2.5. Vallado y policía de obra

Serán de cargo y cuenta del Contratista el vallado y la policía del recinto, cuidando de la conservación de sus líneas de lindeo.

Toda observación referente a este punto será puesta inmediatamente en conocimiento del Ingeniero Director.

4.2.6. Permisos y Licencias

El adjudicatario estará obligado a tener todos los permisos y licencias, para la ejecución de las obras y posterior puesta en servicio y deberá abonar todas las cargas, tasas e impuestos derivados de la obtención de dichos permisos.

4.2.7. Daños a terceros

El Contratista será responsable de todos los accidentes que por inexperiencia o descuido sobreviniese en la edificación donde se efectúan las obras.

Como en las contiguas, será, por tanto, de sus cuentas el abono de las indemnizaciones a quien corresponde y cuando ello hubiera lugar, de todos los daños y perjuicios que puedan causarse en las operaciones de ejecución de las obras.

El Contratista cumplirá los requisitos que prescriben las disposiciones vigentes sobre la materia, debiendo exhibir cuando a ello fuese requerido, el justificante de tal cumplimiento.

4.2.8. Seguro de la obra

El Contratista estará obligado a asegurar la obra contratada durante el tiempo que dure su ejecución hasta la recepción definitiva, la cuantía del seguro coincidirá en cada momento con el valor que tengan por contrata los objetos asegurados.

El importe abonado por la sociedad aseguradora se ingresará en cuenta a nombre del Propietario, para que con cargo a él, se abone la obra que se construye y a medida que esta se vaya realizando. El reintegro de dicha cantidad al Contratista se

efectuará por certificaciones como el resto de los trabajos.

En las obras de reparación o reforma, se fijará la porción de la obra que debe ser asegurada y su cuantía, y si nada se previene, se entenderá que el seguro ha de comprender toda la parte de la obra afectada por la obra.

Los riesgos asegurados y las condiciones que figuren en la póliza de seguros, las pondrá el Contratista antes de contratadas, en conocimiento del Propietario, al objeto de recabar de éste su previa conformidad o reparos.

4.2.9. Suplementos

El Contratista no puede hacer ningún trabajo que ocasione suplementos de gastos sin autorización escrita del Propietario de la instalación y con el visto bueno del Director de obra.

4.2.10. Conservación y otros

El Contratista ejecutor de las obras tendrá que conservar a su cargo todos los elementos de las obras civiles y eléctricas desde el comienzo de las obras hasta la recepción definitiva de las mismas. A este respecto, los gastos derivados de la conservación, tales como revisiones periódicas de las instalaciones, vigilancia, reposición de posibles desperfectos causados por terceros, limpieza de aparatos, etc. correrán a cargo del Contratista, no pudiendo éste alegar que la instalación esté o no en servicio.

La sustitución o reparación será decidida por la Dirección de obra, que juzgará a la vista del incidente si el elemento puede ser reparado o totalmente sustituido por uno nuevo teniendo que aceptar totalmente dicha decisión.

El Contratista estará obligado a ejecutar aquellos detalles imprevistos por su minuciosidad o que se hayan omitido si el Director de la obra lo juzga necesario.

4.2.11. Hallazgos

El Propietario se reserva la posesión de las antigüedades, objetos de arte, o sustancias minerales utilizables, que se encuentren en las excavaciones y demoliciones practicadas en su terreno o edificaciones. El Contratista deberá emplear para extraerlo todas las precauciones que se le indiquen por la Dirección.

El Propietario abonará al Contratista el exceso de obras o gastos especiales que estos trabajos ocasionen.

Serán así mismo, de la exclusiva pertenencia del Propietario los materiales y corrientes de agua que, como consecuencia de la ejecución de las obras, aparecieran en los solares o terrenos donde se realicen las obras, pero el Contratista, en el caso de tratarse de aguas y si las utilizara, serán de cargo del Contratista las obras que sean convenientes ejecutar para recogerlas para su utilización.

La utilización para el aprovechamiento de gravas y arenas y toda clase de materiales procedentes de los terrenos donde los trabajos se ejecuten, así como las condiciones técnicas y económicas en que estos aprovechamientos han de concederse y ejecutarse se señalarán para cada caso concreto por la Dirección Facultativa.

4.2.12. Anuncios y carteles

Sin previa autorización de la Propiedad no podrán ponerse, ni en sus vallas, más inscripciones o anuncios que los convenientes al régimen de los trabajos y la policía local.

4.2.13. Copia de documentos

El Contratista tiene derecho a sacar copias a su costa de los planos, presupuesto, y pliego de condiciones y demás documentos del proyecto.

4.3. Subcontratas

4.3.1. Subcontratas

El Contratista puede subcontratar una parte o la totalidad de la obra a otra u otras empresas, administradores, constructores, instaladores, etc. no eximiéndose por ello de su responsabilidad con la Propiedad.

El Contratista será el único responsable de la totalidad de la obra tanto desde el punto de vista legal como económico, reconociéndose como el único interlocutor válido para la Dirección Técnica.

4.4. Pago de arbitrios

4.4.1. Pagos de arbitrios

El pago de impuestos y arbitrios en general municipales o de otro régimen, sobre vallas, alumbrado, etc., cuyo abono debe hacerse el tiempo de ejecución de las obras y por conceptos inherentes a los propios trabajos que se realizan, correrán a cargo del Contratista siempre que en las condiciones particulares del Proyecto no se estipule lo contrario. No obstante, al Contratista le deberá ser reintegrado el importe de todos aquellos conceptos que la Dirección Facultativa considere justo hacerlo.

4.5. Causas de rescisión del contrato

4.5.1. Causas de rescisión del contrato

Se consideran causas suficientes de rescisión de Contrato las que a continuación se señalan:

- La muerte o incapacidad del Contratista.
- La quiebra del Contratista.

En los casos anteriores, si los herederos o síndico se ofrecieran a llevar a cabo las obras bajo las mismas condiciones estipuladas en el Contrato, el Propietario puede admitir o rechazar el ofrecimiento, sin que este último caso tengan derecho a indemnización alguna.

Las alteraciones del Contrato por las causas siguientes:

La modificación del Proyecto en forma tal, que representen alteraciones fundamentales del mismo a juicio de la Dirección Facultativa y en cualquier caso, siempre que la variación del presupuesto de ejecución, como consecuencia de estas modificaciones, representen más o menos un 25% como mínimo del importe de aquel.

La modificación de las unidades de obra siempre que estas modificaciones representen variaciones, más o menos del 40% como mínimo de alguna de las unidades que figuren en las modificaciones del Proyecto, o más de un 50% de unidades del Proyecto modificadas.

La suspensión de la obra comenzada y en todo caso siempre que por causas ajenas a la contrata no se dé comienzo de la obra adjudicada dentro del plazo de tres meses a partir de la adjudicación; en este caso la devolución de la fianza será automática.

La suspensión de la obra comenzada, siempre que el plazo de suspensión haya excedido de un año.

- El no dar comienzo de la contrata a los trabajos dentro de los plazos señalados en las condiciones particulares del Proyecto.
- Incumplimiento de las condiciones del Contrato cuando implique descuido o mala fe, con perjuicio de los intereses de las obras. La mala fe de la ejecución de los trabajos.
- El abonado de la obra sin causa justificada.
- La terminación del plazo de ejecución de la obra sin haberse llegado a esta.

Quedará rescindido el contrato por incumplimiento del contratista de las condiciones estipuladas en este Pliego perdiendo en este caso la fianza, y quedando sin derecho a reclamación alguna.

5. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS

Las prescripciones técnicas rigen la ejecución de las obras comprendidas en el proyecto de las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales “El Torno” y de “La Barrosa” del municipio de Chiclana de la Frontera.

5.1. Descripción de las obras

5.1.1. Espesador por gravedad EDAR “El Torno”

Unidades	2	
Dimensiones	Diámetro (m)	12
	Altura (m)	3
	Volumen (m ³)	678,58

5.1.2. Espesador por gravedad EDAR “La Barrosa”

Unidades	2	
Dimensiones	Diámetro (m)	16
	Altura (m)	3
	Volumen (m ³)	1206,37

5.1.3. Espesador por flotación EDAR “El Torno”

Unidades	1	
Dimensiones	Diámetro (m)	8
	Altura (m)	3
	Volumen (m ³)	150,81

5.1.4. Digestor anaerobio primario

Unidades	1	
Dimensiones	Diámetro (m)	20
	Altura (m)	8,92
	Volumen (m ³)	2696,85

5.1.5 Digestor anaerobio secundario

Unidades	1	
Dimensiones	Diámetro (m)	16
	Altura (m)	7,49
	Volumen (m ³)	1438,32

5.1.6 Deshidratación de fangos. Centrífuga.

Unidades	1	
Dimensiones	Diámetro (m)	0,35
	Longitud (m)	1,23

5.2. Características de los materiales, de los aparatos y su procedencia

El Contratista tiene libertad de proveerse de los materiales y aparatos de todas las clases en los puntos que le parezcan convenientes, siempre que reúnan las condiciones exigidas en el Contrato, que están perfectamente preparados para el objeto a que se apliquen y sea, a lo preceptuado en el Pliego de Condiciones y a las condiciones y a las instrucciones de la Dirección Facultativa.

5.3. Empleo de los materiales y aparatos

No se procederá al empleo y colocación de los materiales y aparatos que no fuesen de la calidad requerida, sin que antes sean examinados y aceptados por la Dirección Facultativa, en los términos que prescriben los Pliegos, depositando al efecto el Contratista las muestras y modelos necesarios previamente contrastados, para

efectuar en ellos las comprobaciones, ensayos o pruebas preceptuadas en el Pliego de Condiciones vigente en la obra. Los gastos que ocasionen los ensayos, análisis, pruebas, etc. antes indicadas será a cargo del Contratista.

5.4. Materiales no utilizables

El Contratista, a su costa transportará y colocará agrupándolos ordenadamente en el sitio de la obra en el que por no causar perjuicios a la marcha de los trabajos se le designe, los materiales procedentes de las excavaciones, derribos, etc. que no serán utilizables en la obra. Se retirarán de ésta o se llevarán al vertedero cuando así estuviese establecido en el Pliego de Condiciones Particulares vigente en la obra.

Si no se hubiese preceptuado nada sobre el particular se retirarán de ella cuando así lo ordene la Dirección Facultativa, pero acordando previamente con el Contratista la justa tasación de dichos materiales y los gastos de sus transportes.

5.5. Materiales y aparatos defectuosos

Cuando los materiales no fuesen de la calidad requerida o no estuviesen preparados, la Dirección Facultativa dará orden al Contratista para que los reemplace por otros que se ajusten a las condiciones requeridas por los pliegos de condiciones, o a falta de estas a las órdenes de la Dirección Facultativa. La Dirección Facultativa podrá permitir el empleo de aquellos materiales defectuosos que mejor le parezcan o aceptar el empleo de otros de calidad superior a la indicada en los pliegos; si no le fuese posible al Contratista suministrarlos en el modo requerido por ellos, se descontará en el primer caso la diferencia de precio del material requerido al defectuoso empleado y no teniendo derecho el Contratista a indemnización alguna en el segundo.

5.6. Control de calidad

Previamente al inicio de las obras, el contratista deberá presentar al Director facultativo, para su aprobación, el Plan de Control de Calidad y el de Puntos de Inspección y Control de la obra, que será de aplicación tanto a la obra civil como a los equipos eléctricos y mecánicos a instalar.

Para la ejecución de todas las unidades de obra, estas se someterán a los controles establecidos por la normativa legal de vigente aplicación o los que por cualquier motivo considerase necesario la Dirección Facultativa.

En los mencionados planes se recogerá de forma clara la identificación de cada unidad de obra, el tipo de ensayo a realizar y la normativa de aplicación, la frecuencia de realización de cada tipo de ensayo, y las condiciones de aceptación o rechazo. Para

materiales y equipos definirá los certificados de origen, pruebas y garantías que deberá aportar el proveedor de los mismos, así como las pruebas y ensayos a realizar en obra, la frecuencia de los mismos y las condiciones de aceptación o rechazo.

5.7. Condicionantes para la ejecución de las unidades de obra

5.7.1 Movimiento de tierras

Este punto se refiere a los desmontes y terraplenes para dar al terreno la rasante de explanación, a la excavación realizada con medios manuales y/o mecánicos y a la excavación de zanjas y pozos.

Se adoptan las condiciones generales de seguridad en el trabajo, así como las condiciones relativas a los materiales, control de la ejecución, valoración y mantenimiento que especifican las normas tecnológicas de edificación (NTE) de acondicionamiento del terreno que corresponda (vaciados, zanjas y pozos, etc.).

5.7.2 Estructuras de hormigón

Se refiere a las condiciones relativas a los materiales y equipos de origen industrial, relacionados con la ejecución de las obras de hormigón en masa o armado fabricados en obra o prefabricados, así como las condiciones generales de ejecución, criterios de medición, valoración y mantenimiento.

Regirá lo prescrito en la Instrucción EHE para las obras de hormigón en masa o armado. Así mismo, se adopta lo establecido en las normas NTEEH “Estructuras de hormigón” y NTE_EME “Estructuras de madera. Encofrados”.

5.7.3 Cimentaciones

Las secciones y cotas de profundidad serán las que el Ingeniero Director señale. No se rellenaran los cimientos hasta que este lo ordene.

El Ingeniero Director queda facultado para introducir las cimentaciones especiales o modificaciones que juzgue oportuno en función de las características particulares que presente el terreno.

Se adoptan las condiciones relativas a materiales, control, valoración, mantenimiento y seguridad especificados en las normas tecnológicas de edificación (NTE) de cimentaciones que corresponda.

5.8. Obras o instalación no especificada

Si en el transcurso de los trabajos fuera necesario ejecutar alguna clase de obra no regulada en el presente Pliego de Condiciones, el contratista queda obligado a ejecutarla con arreglo a las instrucciones que reciba del ingeniero director quien, a su vez, cumplirá la normativa vigente sobre el particular. El contratista no tendrá derecho a reclamación.

Puerto Real, Julio de 2014.

Fdo: Inmaculada Domínguez Tamayo

DOCUMENTO 3:

PRESUPUESTO

Índice

1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. CUADRO DE PRECIOS.....	4
2.1 MOVIMIENTO GENERAL DE TIERRAS.....	5
2.1.1 PREPARACION DEL TERRENO.....	5
2.2. ESPESADOR POR GRAVEDAD EDAR “EL TORNO”	6
2.3. ESPESADOR POR GRAVEDAD EDAR “LA BARROSA”	8
2.4 ESPESADOR POR FLOTACIÓN EDAR “EL TORNO”	10
2.5 EDIFICIO DE DESHIDRATACIÓN.....	12
2.6 DIGESTORES ANAEROBIOS.....	13
2.7 DESHIDRATACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE FANGOS.....	14
2.8 EQUIPAMIENTO COMPLEMENTARIO.....	15
2.8.1 TALLER.....	15
2.8.2 ELEMENTOS DE SEGURIDAD.....	16
2.9 PUESTA EN MARCHA.....	17
2.10 SEGURIDAD Y SALUD.....	17
3. MEDICIONES.....	18
3.1 PRESUPUESTO PARCIAL Nº1: OBRA CIVIL.....	19
3.1.1 MOVIMIENTO GENERAL DE TIERRAS.....	19
3.1.2 ESPESADO DE FANGOS.....	20
3.1.3 EDIFICIO DE DESHIDRATACIÓN.....	23
3.1.4 DIGESTORES ANAEROBIOS.....	24
3.2 PRESUPUESTO PARCIAL Nº2: EQUIPAMIENTO.....	26
3.2.1 ESPESAMIENTO DE FANGOS.....	26
3.2.2 DIGESTIÓN ANAEROBIA.....	28
3.2.3 DESHIDRATACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE FANGOS.....	29
3.3 PRESUPUESTO PARCIAL Nº3: EQUIPAMIENTO COMPLEMENTARIO.....	30
3.3.1 TALLER.....	30
3.4 PRESUPUESTO PARCIAL Nº4: CONDUCCIONES Y TUBERÍAS.....	33
3.4.1. CONDUCCIONES Y TUBERÍAS.....	33
3.5 PRESUPUESTO PARCIAL Nº5: PUESTA EN MARCHA.....	33
3.5.1 PUESTA EN MARCHA.....	33
3.6 PRESUPUESTO PARCIAL Nº6: SEGURIDAD Y SALUD.....	33
3.6.1. SEGURIDAD Y SALUD.....	33
4. PRESUPUESTO Y MEDICIÓN.....	34
4.1 PRESUPUESTO PARCIAL Nº1: OBRA CIVIL.....	35
4.1.1 MOVIMIENTO GENERAL DE TIERRAS.....	35
4.1.2 ESPESADO DE FANGOS.....	35
4.1.3 EDIFICIO DE DESHIDRATACIÓN.....	35
4.1.4 DIGESTORES ANAEROBIOS.....	35
4.2 PRESUPUESTO PARCIAL Nº2: EQUIPAMIENTO.....	36
4.2.1 ESPESAMIENTO DE FANGOS.....	36

4.2.2 DIGESTIÓN ANAEROBIA.....	36
4.2.3 DESHIDRATACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE FANGOS.....	36
4.3 PRESUPUESTO PARCIAL Nº3: EQUIPAMIENTO COMPLEMENTARIO.....	37
4.3.1 TALLER.....	37
4.3.2 ELEMENTOS DE SEGURIDAD.....	37
4.4 PRESUPUESTO PARCIAL Nº4: CONDUCCIONES Y TUBERÍAS.....	37
4.4.1. CONDUCCIONES Y TUBERÍAS.....	37
4.5 PRESUPUESTO PARCIAL Nº5: PUESTA EN MARCHA.....	38
4.5.1 PUESTA EN MARCHA.....	38
4.6 PRESUPUESTO PARCIAL Nº6: SEGURIDAD Y SALUD.....	38
4.6.1. SEGURIDAD Y SALUD.....	38
5. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA.....	39

1. INTRODUCCIÓN

Se procede a la descripción del presupuesto general de ejecución de proyecto, en función de los materiales de construcción empleados y atendiendo a sus dimensiones, así como el precio de los equipos empleados (precio estimativo), se calculará el presupuesto de ejecución material.

El presupuesto de ejecución por contrata se obtiene a partir del presupuesto de ejecución material al cual se le añadirá el beneficio industrial y los gastos generales, obteniéndose el presupuesto de ejecución por contrata.

Para obtener el presupuesto total, al presupuesto de ejecución por contrata se le añadirá el 21% de IVA.

Para el apartado correspondiente a tuberías y conducciones, según los autores Rudd & Watson (Rudd & Watson, 1986), se estima entre un 30 y un 60% de los costes de ejecución material, optándose por un valor de un 45% para el cálculo estimativo de tuberías y conducciones.

2. CUADRO DE PRECIOS

2.1 MOVIMIENTO GENERAL DE TIERRAS.**2.1.1 PREPARACION DEL TERRENO**

Nº Orden	Designación	Importe	
		Parcial	Total (Euros)
1	m2 Limpieza y desbroce y del terreno por medios mecánicos hasta una profundidad de 20 cm, con carga y transporte de la tierra vegetal y productos resultantes a vertedero.	1	0,43
2	m3 Excavación. Desmonte de tierras de consistencia media, transp. A terraplén. Excavación, en desmonte, de tierras de consistencia blanda, realizada con medios mecánicos, incluso transporte a terraplén. Medida en perfil natural.	1	0,53
3	m3 Sub-base de zahorra natural. Subbase de zahorra natural, realizada con medios mecánicos, incluso compactado y refino de base,relleno en tongadas de 20 cm comprendido extendido, regado y compactado al 95% proctor. Medido el volumen teórico ejecutado.	1	8,61
4	m3 Base de zahorra natural. Base de zahorra natural, en reposición de firme, extendidas con medios mecánicos, transporte y compactado.	1	5,12

2.2. ESPEADOR POR GRAVEDAD EDAR “EL TORNO”

Nº Orden	Designación	Importe	
		Parcial	Total (Euros)
5	m3 Excavación de zanjas, pozos y cimientos. Excavación de zanjas, pozos y cimientos, incluso entibaciones, agotamientos, perfilado de fondos y laterales, así como acopio de la capa vegetal para su posterior reposición, incluso carga y transporte de los productos sobrantes de la excavación a vertedero.	1	1,52
6	m3 Suministro y extendido de relleno de bolos, tamaño entre 40 mm. Y 60 mm, en subbase de solera.	1	6,31
7	m3 Hormigón de limpieza 10 cm Resist.Sulfatos. Capa de hormigón de limpieza HM-20/P/20/Ila+Qb, consistencia plástica y tamaño máximo del árido 20 mm, resistente a los sulfatos, de 10 cm de espesor mínimo, en elementos de cimentación, suministrado y puesto en obra, incluso p.p. de alisado de la superficie; según instrucción EHE y CTE. Medida la superficie ejecutada.	1	2,31
8	m3 Hormigón estructural para soleras y muros. Hormigón HA30/B/40/Ila+Qb (SR) estructural para soleras y muros colocado en obra según EH-98 vibrado y compactado.	1	57,43

9	Kg Acero corrugado B-500S. Acero corrugado B-500S para soleras y muro, elaborado en la obra.	1	0,81
10	Kg Acero A42b en estructural metálica. Acero A42b en estructural metálica, para estructuras y vigas, elaborado en la obra.	1	0,83
11	m2 Encofrado y desencofrado horizontal de madera, zapatas y vigas. Encofrado y desencofrado de soleras.	1	14,32
12	m2 Encofrado y desencofrado vertical.	1	14.32
13	ud Carrete pasamuros de acero inoxidable AISI-316L DN=150; longitud hasta 500mm, incluso soldadura de carrete con balona y brida de aluminio. Instalado.	1	314,90
14	Mecanismo espesador de gravedad, para instalar en tanque de hormigón de planta circular en la EDAR "El Torno", de las siguientes características: Tipo: cabeza de mando central. Diámetro del tanque: 12m . Altura: 3m . Puente diametral: Cilindro de alimentación, con diámetro y altura: 1 m. Brazos de barrido . Disposición diametral. Estructura: Acero S275. Zonas sumergidas galvanizadas en caliente, zonas aéreas de protección epoxi. Pasarela: hormigón. Cilindro de alimentación: acero S275. Vertedero: aluminio anodizado. Tornillería: AISI-316. Accionamiento: motorreductor eléctrico. Tipo: monobloc. Potencia 0,25 CV. Velocidad de salida: 6rpm. Instalado.	1	20.000,00

2.3. ESPESADOR POR GRAVEDAD EDAR “LA BARROSA”

Nº Orden	Designación	Importe	
		Parcial	Total (Euros)
15	m3 Demolición con medios mecánicos de hormigón armado, carga mecánica. Demolición con medios mecánicos de hormigón armado, en elementos de cimentación, incluso carga mecánica, p.p. de compresor y transporte de material sobrante a vertedero. Medido el volumen inicial.	1	114,43
16	m3 Excavación de zanjas, pozos y cimientos. Excavación de zanjas, pozos y cimientos, incluso entibaciones, agotamientos, perfilado de fondos y laterales, así como acopio de la capa vegetal para su posterior reposición, incluso carga y transporte de los productos sobrantes de la excavación a vertedero.	1	1,52
17	m3 Suministro y extendido de relleno de bolos, tamaño entre 40 mm. Y 60 mm, en subbase de solera.	1	6,31
18	m3 Hormigón de limpieza 10 cm Resist.Sulfatos. Capa de hormigón de limpieza HM-20/P/20/Ila+Qb, consistencia plástica y tamaño máximo del árido 20 mm, resistente a los sulfatos, de 10 cm de espesor mínimo, en elementos de cimentación, suministrado y puesto en obra, incluso p.p. de alisado de la superficie; según instrucción EHE y CTE. Medida la superficie ejecutada.	1	2,31

19	m3 Hormigón estructural para soleras y muros. Hormigón HA30/B/40/lia+Qb (SR) estructural para soleras y muros colocado en obra según EH-98 vibrado y compactado.	1	57,43
20	Kg Acero corrugado B-500S. Acero corrugado B-500S para soleras y muro, elaborado en la obra.	1	0,81
21	Kg Acero A42b en estructural metálica. Acero A42b en estructural metálica, para estructuras y vigas, elaborado en la obra.	1	0,83
22	m2 Encofrado y desencofrado horizontal de madera, zapatas y vigas. Encofrado y desencofrado de soleras.	1	14,32
23	m2 Encofrado y desencofrado vertical.	1	14.32
24	ud Carrete pasamuros de acero inoxidable AISI-316L DN=150; longitud hasta 500mm, incluso soldadura de carrete con balona y brida de aluminio. Instalado.	1	314,92
25	Mecanismo espesador de gravedad, para instalar en tanque de hormigón de planta circular en la EDAR "El Torno", de las siguientes características: Tipo: cabeza de mando central. Diámetro del tanque: 16m . Altura: 3m . Puente diametral: Cilindro de alimentación, con diámetro y altura: 1 m. Brazos de barrido . Disposición diametral. Estructura: Acero S275. Zonas sumergidas galvanizadas en caliente, zonas aéreas de protección epoxi. Pasarela: hormigón. Cilindro de alimentación: acero S275. Vertedero: aluminio anodizado. Tornillería: AISI-316. Accionamiento: motorreductor eléctrico. Tipo: monobloc. Potencia 0,25CV.	1	30.000,00

2.4 ESPESADOR POR FLOTACIÓN EDAR “EL TORNO”

Nº Orden	Designación	Importe	
		Parcial	Total (Euros)
26	m3 Excavación de zanjas, pozos y cimientos. Excavación de zanjas, pozos y cimientos, incluso entibaciones, agotamientos, perfilado de fondos y laterales, así como acopio de la capa vegetal para su posterior reposición, incluso carga y transporte de los productos sobrantes de la excavación a vertedero.	1	1,52
27	m3 Suministro y extendido de relleno de bolos, tamaño entre 40 mm. Y 60 mm, en subbase de solera.	1	6,31
28	m3 Capa de hormigón de limpieza 10 cm Resist.Sulfatos. Capa de hormigón de limpieza HM-20/P/20/Ila+Qb, consistencia plástica y tamaño máximo del árido 20 mm, resistente a los sulfatos, de 10 cm de espesor mínimo, en elementos de cimentación, suministrado y puesto en obra, incluso p.p. de alisado de la superficie; según instrucción EHE y CTE. Medida la superficie ejecutada.	1	2,31
29	m3 Hormigón estructural para soleras y muros. Hormigón HA30/B/40/Ia+Qb (SR) estructural para soleras y muros colocado en obra según EH-98 vibrado y compactado.	1	57,43
30	Kg Acero corrugado B-500S. Acero corrugado B-500S para soleras y muro, elaborado en la obra.	1	0,81

31	Kg Acero A42b en estructural metálica. Acero A42b en estructural metálica, para estructuras y vigas, elaborado en la obra.	1	0,83
32	m2 Encofrado y desencofrado horizontal de madera, zapatas y vigas. Encofrado y desencofrado de soleras.	1	14,32
33	m2 Encofrado y desencofrado vertical.	1	14.32
34	ud Carrete pasamuros de acero inoxidable AISI-316L DN=150; longitud hasta 500mm, incluso soldadura de carrete con balona y brida de aluminio. Instalado.	1	314,92
35	Mecanismo espesador por flotación, para instalar en tanque de hormigón de planta circular en la EDAR "El Torno", de las siguientes características: Tipo: cabeza de mando central. Diámetro del tanque: 8m. Altura: 3m. Puente diametral: Cilindro de alimentación, con diámetro y altura: 1 m. Brazos de barrido . Disposición diametral. Estructura: Acero S275. Zonas sumergidas galvanizadas en caliente, zonas aéreas de protección epoxi. Pasarela: hormigón. Cilindro de alimentación: acero S275. Vertedero: aluminio anodizado. Tornillería: AISI-316. Accionamiento: motorreductor eléctrico. Tipo: monobloc. Potencia 0,25 CV. Velocidad de salida: 6rpm.	1	30.000,00

2.5 EDIFICIO DE DESHIDRATACIÓN

Nº Orden	Designación	Importe	
		Parcial	Total (Euros)
36	m3 Excavación Apertura de caja, tierras de consistencia media. Excavación, en apertura de caja, de tierras de consistencia media, realizada con medios mecánicos, incluso perfilado de fondo, hasta una profundidad máxima de 50 cm. Medida en perfil natural.	1	0,81
37	m3 Suministro y extendido de relleno de bolos, tamaño entre 40 mm. Y 60 mm, en subbase de solera.	1	6,31
38	m3 Hormigón de limpieza 10cm Esp. Medio. Capa de hormigón de limpieza HM-20/P/20/I, consistencia plástica y tamaño máximo del árido 20 mm, de 10 cm de espesor mínimo, en elementos de cimentación, suministrado y puesto en obra, incluso p.p. de alisado de la superficie; según instrucción EHE y CTE. Medida la superficie ejecutada	1	8,54
39	m2 Edificación de hormigón armado, incluyendo cimentación, cerramiento, cubierta, accesos y elementos de ventilación, totalmente terminada.	1	53,52
40	m3 Acera formada por loseta hidráulica sobre base de 10 cm de hormigón y 20 cm de subbase compactada	1	16,42

2.6 DIGESTORES ANAEROBIOS

Nº Orden	Designación	Importe	
		Parcial	Total (Euros)
41	ud Equipo de digestión de lodos cubierto de hormigón de 20 m de diámetro	1	140.000,00
42	ud Intercambiador de calor.	1	300.000,00
43	2 ud Calderín de presurización de lodos cilíndrico de 13 mm de espesor.	1	160.000,00
44	ud Antorcha para biogás con capacidad para 170 m3/h.	1	25.000,00
45	ud Compresor de gas para la agitación del digestor.	1	350.000,00
46	41 ud Lanzas de gas para la agitación del digestor	1	10.000,00
47	ud Gasómetro de doble membrana. Tejido: Stamoid 3739FR/4739FR/5739FR, tejido 100% reciclable. Confección en tejido de poliéster con revestimiento de pvc formulación específica para biogás. Calificación al fuego B1/DIN 4102-1. Soldadura doble con canal de prueba intermedio, realizada mediante alta frecuencia validadas en taller.	1	8.000,00

2.7 DESHIDRATACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE FANGOS

Nº Orden	Designación	Importe	
		Parcial	Total (Euros)
48	ud Decantador centrífugo, con dos fases de separación (sólida y líquida). Rotor de 353 mm de diámetro x 1.228 mm de longitud. Motor principal 11 KW a 4.100 rpm en régimen máximo de trabajo. Material acero inox. AISI 304.	1	50.000,00
49	ud Sinfin elevador en acero inoxidable. Diámetro helicoidal 200mm longitud entre bocas de 4,4 m. Con motorreductor de 1,5KW.	1	5.000,00
50	ud Equipo Autónomo Alumbrado de Emergencia, 300 lúmenes.	1	31,82
51	Equipo autónomo de alumbrado de emergencia, de 300 lúmenes, con lámpara fluorescente, para tensión 220 V, una hora de autonomía y para cubrir una superficie de 60 m2, incluso accesorios, fijación y conexión; instalado según CTE, RIPC y REBT. Medida la unidad instalada.	1	91,25
52	ud Equipo Autónomo Alumbrado de Emergencia, 60 lúmenes. Equipo autónomo de alumbrado de emergencia, de 60 lúmenes, con lámpara incandescente, para tensión 220 V, una hora de autonomía y para cubrir una superficie de 12 m2, incluso accesorios, fijación, y conexión; instalado según CTE, RIPC y REBT. Medida la unidad instalada	1	61,62
53	ud Contenedor trapezoidal de 5.000 litros de capacidad, construido con chapa de acero galvanizado.	1	1.800,00

2.8 EQUIPAMIENTO COMPLEMENTARIO

2.8.1 TALLER

Nº Orden	Designación	Importe	
		Parcial	Total (Euros)
54	m Formación de estantería placa yeso laminado 30 cm de fondo. Formación de estantería de 300 mm de fondo, con placa de yeso laminado de 50 mm de espesor, formado por dos placas de 10 mm, unidas por un trillaje de cartón especial que rigidiza el conjunto, incluso ejecución de ángulos y repaso de juntas con cinta. Medida la longitud realmente ejecutada	1	45,49
55	ud Engrasador tipo pistola de 250gr de capacidad.	1	28,63
56	ud Polímetro, para medición de resistencia, corriente y tensión.	1	76,09
57	ud Carretilla de obra.		
58	ud Aceitera de latón de 250 gr de capacidad.	1	97,01
59	ud Máquina desbardadora manual-eléctrica.	1	16,99
60	ud Caja de herramientas eléctricas, incluyendo atornilladores, pelacables, tijeras, etc.	1	436,37
61	ud Caja de herramientas mecánicas, incluyendo sierras, llaves, alicates, etc.	1	347,56
62	ud Taladro portátil, con juego de brocas de 1 a 13 mm, en acero al carbono.	1	274,85
		1	684,69

2.8.2 ELEMENTOS DE SEGURIDAD

Nº Orden	Designación	Importe	
		Parcial	Total (Euros)
63	ud Botiquín reglamentario de obra. Instalado en la EDAR “El Torno”.	1	137,51
64	ud Extintor móvil de CO2, de 5 Kg Eficacia 34-B, incluido soporte.	1	92,02
65	ud Semimáscara respiratoria gases, 1 válvula.	1	13,25
66	ud Mascarilla Poliprop. Partículas. Válvula Estándar.	1	4,57
67	ud Armario con puerta corredera de aluminio C/Espejo.	1	155,00
68	ud Amortiguador de ruido de almohadillas uso casco.	1	17,82
69	ud Cartel de recomendaciones de seguridad.	1	14,25
70	ud Cartel indicativo de riesgo, con soporte metálico, incluida fijación y retirada.	1	43,94

2.9 PUESTA EN MARCHA

Nº Orden	Designación	Importe	
		Parcial	Total (Euros)
71	ud Gastos de explotación y mantenimiento de la EDAR “El Torno”, para un período de 6 meses, una vez terminada la ejecución de la obra, de acuerdo con el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares. Estimada en un 5% sobre el PEM.	1	1

2.10 SEGURIDAD Y SALUD

Nº Orden	Designación	Importe	
		Parcial	Total (Euros)
72	ud Partida alzada de Seguridad y Salud estimada en un 1% sobre el presupuesto de ejecución material.	1	1

3. MEDICIONES

3.1 PRESUPUESTO PARCIAL N°1: OBRA CIVIL**3.1.1 MOVIMIENTO GENERAL DE TIERRAS**

Nº ud Designación

3.1.1.1 m2 Limpieza y desbroce y del terreno por medios mecánicos hasta una profundidad de 20 cm, con carga y transporte de la tierra vegetal y productos resultantes a vertedero.

ud	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
1	5.000	5.000			

5.000,00

3.1.1.2 m3 Excavación. Desmante de tierras de consistencia media, transp. A terraplén. Excavación, en desmante, de tierras de consistencia blanda, realizada con medios mecánicos, incluso transporte a terraplén. Medida en perfil natural.

ud	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
1	5.000		0,50	2.500,00	

2.500,00

3.1.1.3 m3 Sub-base de zahorra natural. Subbase de zahorra natural, realizada con medios mecánicos, incluso compactado y refino de base, relleno en tongadas de 20 cm comprendido extendido, regado y compactado al 95% proctor. Medido el volumen teórico ejecutado.

ud	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
1	5.000		0,50	2.500,00	

2.500,00

3.1.1.4 m3 m3 Base de zahorra natural. Base de zahorra natural, en reposición de firme, extendidas con medios mecánicos, transporte y compactado.

ud	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
1	5.000		0,50	2.500,00	

2.500,00

3.1.2 ESPESADO DE FANGOS

3.1.2.1 m3 Demolición con medios mecánicos de hormigón armado, carga mecánica. Demolición con medios mecánicos de hormigón armado, en elementos de cimentación, incluso carga mecánica, p.p. de compresor y transporte de material sobrante a vertedero. Medido el volumen inicial.

ud	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
1	8	3,53	3	84,80	
					84,82

3.1.2.2 m3 Excavación de zanjas, pozos y cimientos. Excavación de zanjas, pozos y cimientos, incluso entibaciones, agotamientos, perfilado de fondos y laterales, así como acopio de la capa vegetal para su posterior reposición, incluso carga y transporte de los productos sobrantes de la excavación a vertedero.

ud	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
2	16	16	1	256,00	
2	12	12	1	144,00	
d1	8	8	1	64,00	
					464,00

3.1.2.3 m3 Suministro y extendido de relleno de bolos, tamaño entre 40 mm. Y 60 mm, en subbase de solera.

ud	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
2	16	16	0,40	102,40	
2	12	12	0,40	57,30	
1	8	8	0,40	25,60	
					185,30

3.1.2.4 m3 Hormigón de limpieza 10 cm Resist.Sulfatos. Capa de hormigón de limpieza HM-20/P/20/Ila+Qb, consistencia plástica y tamaño máximo del árido 20 mm, resistente a los sulfatos, de 10 cm de espesor mínimo, en elementos de cimentación, suministrado y puesto en obra, incluso p.p. de alisado de la superficie; según instrucción EHE y CTE. Medida la superficie ejecutada.

ud	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
2	16	16	0,10	25,60	
2	12	12	0,10	14,40	
1	8	8	0,10	6,40	
					46,40

3.1.2.5 m3 Hormigón estructural para soleras y muros. Hormigón HA30/B/40/Ila+Qb (SR) estructural para soleras y muros colocado en obra según EH-98 vibrado y compactado.

ud	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
2	16	16	0,30	76,80	Solera
2	16	1	3,00	48,00	Muros
2	12	12	0,30	43,20	Solera
2	12	1	3,00	36,00	Muros
1	8	8	0,30	19,20	Solera
1	8	1	3,00	24,00	Muros
					247,20

3.1.2.6 Kg Acero corrugado B-500S. Acero corrugado B-500S para soleras y muro, elaborado en la obra.

ud	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
50	76,80			3.840,00	
50	48,00			2.400,00	
50	43,20			2.160,00	
50	36,00			1.800,00	
50	19,20			960,00	
50	24,00			1.200,00	
					12.360,00

3.1.2.7 Kg Acero A42b en estructural metálica. Acero A42b en estructural metálica, para estructuras y vigas, elaborado en la obra.

ud	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
50	76,80			3.840,00	
50	48,00			2.400,00	
50	43,20			2.160,00	
50	36,00			1.800,00	
50	19,20			960,00	
50	24,00			1.200,00	

12.360,00

3.1.2.8 m2 Encofrado y desencofrado horizontal de madera, zapatas y vigas. Encofrado y desencofrado de soleras.

ud	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
2	16	16	0,30	76,80	
2	12	12	0,30	43,20	
1	8	8	0,30	19,20	

139,20

3.1.2.9 m2 Encofrado y desencofrado vertical.

ud	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
2	16	1	3	48,00	
2	12	1	3	36,00	
1	8	1	3	24,00	

108,00

3.1.2.10ud Carrete pasamuros de acero inoxidable AISI-316L DN=150; longitud hasta 500mm, incluso soldadura de carrete con balona y brida de aluminio. Instalado.

Ud	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
1				1	

1

3.1.3 EDIFICIO DE DESHIDRATACIÓN

3.1.3.1 m3 Excavación. Apertura de caja, tierras de consistencia media. Excavación, en apertura de caja, de tierras de consistencia media, realizada con medios mecánicos, incluso perfilado de fondo, hasta una profundidad máxima de 50 cm. Medida en perfil natural.

Ud	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
1	20	10	0,50	100,00	
					100,00

3.1.3.2 m3 Suministro y extendido de relleno de bolos, tamaño entre 40 mm. Y 60 mm, en subbase de solera.

Ud	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
1	20	10	0,40	80,00	
					80,00

3.1.3.3 m2 Hormigón de limpieza 10cm Esp. Medio. Capa de hormigón de limpieza HM-20/P/20/I, consistencia plástica y tamaño máximo del árido 20 mm, de 10 cm de espesor mínimo, en elementos de cimentación, suministrado y puesto en obra, incluso p.p. de alisado de la superficie; según instrucción EHE y CTE. Medida la superficie ejecutada

Ud	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
1	20	10	0,10	20,00	
					20,00

3.1.3.4 m2 Edificación de hormigón armado, incluyendo cimentación, cerramiento, cubierta, accesos y elementos de ventilación, totalmente terminada.

Ud	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
1	20	10		200,00	
					200,00

3.1.3.5 m3 Acera formada por loseta hidráulica sobre base de 10 cm de hormigón y 20 cm de subbase compactada.

ud	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
2	20			40,00	
2	15			30,00	
					70,00

3.1.4 DIGESTORES ANAEROBIOS

3.1.4.1 m3 Excavación de zanjas, pozos y cimientos. Excavación de zanjas, pozos y cimientos, incluso entibaciones, agotamientos, perfilado de fondos y laterales, así como acopio de la capa vegetal para su posterior reposición, incluso carga y transporte de los productos sobrantes de la excavación a vertedero.

ud	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
1	20	20	1	400,00	
1	16	16	1	256,00	

656,00

3.1.4.2 m3 Suministro y extendido de relleno de bolos, tamaño entre 40 mm. Y 60 mm, en subbase de solera.

ud	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
1	20	20	0,40	160,00	
1	18	18	0,40	102,40	

262,40

3.1.4.3 m3 Hormigón de limpieza 10 cm Resist.Sulfatos. Capa de hormigón de limpieza HM-20/P/20/IIa+Qb, consistencia plástica y tamaño máximo del árido 20 mm, resistente a los sulfatos, de 10 cm de espesor mínimo, en elementos de cimentación, suministrado y puesto en obra, incluso p.p. de alisado de la superficie; según instrucción EHE y CTE. Medida la superficie ejecutada.

ud	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
1	20	20	0,10	40,00	
1	16	16	0,10	25,60	

65,60

3.1.4.4 m3 Hormigón estructural para soleras y muros. Hormigón HA30/B/40/IIa+Qb (SR) estructural para soleras y muros colocado en obra según EH-98 vibrado y compactado.

ud	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
1	20	20	1	400,00	Solera
1	20	1	7,92	158,40	Muros

1	16	16	1,00	256,00	Solera
1	16	1	6,49	36,00	Muros

850,40

3.1.4.5 Kg Acero corrugado B-500S. Acero corrugado B-500S para soleras y muro, elaborado en la obra.

ud	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
50	400,00			20.000,00	
50	158,40			7.920,00	
50	256,00			12.800,00	
50	36,00			1.800,00	

42.520,00

3.1.4.6 Kg Acero A42b en estructural metálica. Acero A42b en estructural metálica, para estructuras y vigas, elaborado en la obra.

ud	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
50	76,80			3.840,00	
50	48,00			2.400,00	
50	43,20			2.160,00	
50	36,00			1.800,00	
50	19,20			960,00	
50	24,00			1.200,00	

12.360,00

3.1.4.7 m2 Encofrado y desencofrado horizontal de madera, zapatas y vigas. Encofrado y desencofrado de soleras.

ud	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
2	20	20	1	400,00	
2	16	16	1	256,00	

656,00

3.1.4.8 m2 Encofrado y desencofrado vertical.

ud	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
2	20	1	8,92	178,40	
2	16	1	7,49	119,84	

298,240

3.2 PRESUPUESTO PARCIAL Nº2: EQUIPAMIENTO

3.2.1 ESPESAMIENTO DE FANGOS

3.2.1.1 ud Mecanismo espesador de gravedad, para instalar en tanque de hormigón de planta circular en la EDAR “La Barrosa”, de las siguientes características: Tipo: cabeza de mando central. Diámetro del tanque: . Altura: . Puente diametral: Cilindro de alimentación, con diámetro: 16m y altura: 3 m. Brazos de barrido . Disposición diametral. Estructura: Acero S275. Zonas sumergidas galvanizadas en caliente, zonas aéreas de protección epoxi. Pasarela: hormigón. Cilindro de alimentación: acero S275. Vertedero: aluminio anodizado. Tornillería: AISI-316. Accionamiento: motorreductor eléctrico. Tipo: monobloc. Potencia 0,25 CV. Velocidad de salida: 6rpm. Instalado.

ud	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
2				2	
					2

3.2.1.2 ud Mecanismo espesador de gravedad, para instalar en tanque de hormigón de planta circular en la EDAR “El Torno”, de las siguientes características: Tipo: cabeza de mando central. Diámetro del tanque: . Altura: . Puente diametral: Cilindro de alimentación, con diámetro: 12m y altura: 3 m. Brazos de barrido . Disposición diametral. Estructura: Acero S275. Zonas sumergidas galvanizadas en caliente, zonas aéreas de protección epoxi. Pasarela: hormigón. Cilindro de alimentación: acero S275. Vertedero: aluminio anodizado. Tornillería: AISI-316. Accionamiento: motorreductor eléctrico. Tipo: monobloc. Potencia 0,25 CV. Velocidad de salida: 6rpm. Instalado.

ud	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
2				2	
					2

3.2.1.3 ud Mecanismo espesador por flotación, para instalar en tanque de hormigón de planta circular en la EDAR “El Torno”, de las siguientes características: Tipo: cabeza de mando central. Diámetro del tanque: 8m . Altura: 3m. Puente diametral: Cilindro de alimentación, con diámetro y altura: 1 m. Estructura: Acero S275. Zonas sumergidas galvanizadas en caliente, zonas aéreas de protección epoxi. Pasarela: hormigón. Cilindro de alimentación: acero S275. Vertedero: aluminio anodizado. Tornillería: AISI-316. Accionamiento: motorreductor eléctrico. Instalado.

ud	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
1				1	
					1

3.2.2 DIGESTIÓN ANAEROBIA

3.2.2.1 ud Equipo de digestión de lodos cubierto de hormigón de 20 m de diámetro.

ud	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
1				1	
					1

3.2.2.2 ud Intercambiador de calor.

ud	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
1				1	
					1

3.2.2.3 ud Antorcha para biogás con capacidad para 170 m³/h.

ud	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
1				1	
					1

3.2.2.4 ud Compresor de gas para la agitación del digestor.

ud	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
1				1	
					1

3.2.2.5 ud Lanzas de gas para la agitación del digestor

ud	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
41				41	
					41

3.2.2.6 ud Calderín de presurización de lodos cilíndrico de 13 mm de espesor.

ud	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
2				2	
					2

3.2.2.7 ud Gasómetro de doble membrana. Tejido: Stamoid 3739FR/4739FR/5739FR, tejido 100% reciclable. Confección en tejido de poliéster con revestimiento de pvc formulación específica para biogás. Calificación al fuego B1/DIN 4102-1. Soldadura doble con canal de prueba intermedio, realizada mediante alta frecuencia validadas en taller.

ud	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
1				1	
					1

3.2.3 DESHIDRATACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE FANGOS

3.2.3.1 ud Decantador centrífugo, con dos fases de separación (sólida y líquida). Rotor de 353 mm de diámetro x 1.228 mm de longitud. Motor principal 11 KW a 4.100 rpm en régimen máximo de trabajo. Material acero inox. AISI 304.

ud	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
1				1	
					1

3.2.3.2 ud Sinfin elevador en acero inoxidable. Diámetro helicoidal 200mm longitud entre bocas de 4,4 m. Con motorreductor de 1,5KW.

ud	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
1				1	
					1

3.2.3.3 ud Equipo Autónomo Alumbrado de Emergencia, 300 lúmenes. Equipo autónomo de alumbrado de emergencia, de 300 lúmenes, con lámpara fluorescente, para tensión 220 V, una hora de autonomía y para cubrir una superficie de 60 m2, incluso accesorios, fijación y conexión; instalado según CTE, RIPCI y REBT. Medida la unidad instalada.

ud	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
1				1	
					1

3.2.3.4 ud Equipo Autónomo Alumbrado de Emergencia, 60 lúmenes. Equipo autónomo de alumbrado de emergencia, de 60 lúmenes, con lámpara incandescente, para tensión 220 V, una hora de autonomía y para cubrir una superficie de 12 m², incluso accesorios, fijación, y conexión; instalado según CTE, RIPCI y REBT. Medida la unidad instalada

ud	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
1				1	
					1

3.2.3.5 ud Contenedor trapezoidal de 5.000 litros de capacidad, construido con chapa de acero galvanizado.

ud	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
1				1	
					1

3.3 PRESUPUESTO PARCIAL Nº3: EQUIPAMIENTO COMPLEMENTARIO

3.3.1 TALLER

3.3.1.1 M Formación de estantería placa yeso laminado 30 cm de fondo. Formación de estantería de 300 mm de fondo, con placa de yeso laminado de 50 mm de espesor, formado por dos placas de 10 mm, unidas por un trillaje de cartón especial que rigidiza el conjunto, incluso ejecución de ángulos y repaso de juntas con cinta. Medida la longitud realmente ejecutada.

ud	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
1	2		2	4	
					4

3.3.1.2 ud Engrasador tipo pistola de 250gr de capacidad.

ud	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
1				1	
					1

3.3.1.3 ud Polímetro, para medición de resistencia, corriente y tensión.

ud	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
1				1	
					1

3.3.1.4 ud Carretilla de obra.

ud	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
1				1	

1

3.3.1.5 ud Aceitera de latón de 250 gr de capacidad.

ud	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
1				1	

1

3.3.1.6 ud Máquina desbardadora manual-eléctrica.

ud	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
1				1	

1

3.3.1.7 ud Caja de herramientas eléctricas, incluyendo atornilladores, pelacables, tijeras, etc.

ud	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
1				1	

1

3.3.1.8 ud Caja de herramientas mecánicas, incluyendo sierras, llaves, alicates, etc.

ud	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
1				1	

1

3.3.1.9 ud Taladro portátil, con juego de brocas de 1 a 13 mm, en acero al carbono.

ud	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
1				1	

1

3.2 ELEMENTOS DE SEGURIDAD

3.2.1 ud Botiquín reglamentario de obra. Instalado en la EDAR "El Torno".

ud	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
1				1	

1

3.2.2	ud	Extintor móvil de CO2, de 5 Kg Eficacia 34-B, incluido soporte.				
ud	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal	
2				2	Ed. de deshidratación	
						2
3.2.3	ud	Semimáscara respiratoria gases, 1 válvula.				
ud	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal	
3				3		
						3
3.2.4	ud	Mascarilla Poliprop. Partículas. Válvula Estándar.				
ud	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal	
3				3		
						3
3.2.5	ud	Armario con puerta corredera de aluminio C/Espejo.				
ud	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal	
1				1		
						1
3.2.6	ud	Amortiguador de ruido de almohadillas uso casco.				
ud	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal	
3				3		
						3
3.2.7	ud	Cartel de recomendaciones de seguridad.				
ud	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal	
2				2		
						2
3.2.8	ud	Cartel indicativo de riesgo, con soporte metálico, incluida fijación y retirada.				
ud	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal	
2				2		
						2

3.4 PRESUPUESTO PARCIAL Nº4: CONDUCCIONES Y TUBERÍAS**3.4.1. CONDUCCIONES Y TUBERÍAS**

3.4.1.1 ud Partida alzada de conducciones y tuberías estimada en un 45% sobre el presupuesto total de los equipos.

ud	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
0,45				0,45	

0,45

3.5 PRESUPUESTO PARCIAL Nº5: PUESTA EN MARCHA**3.5.1 PUESTA EN MARCHA**

3.5.1.1 ud Gastos de explotación y mantenimiento de la EDAR “El Torno”, para un período de 6 meses, una vez terminada la ejecución de la obra, de acuerdo con el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

ud	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
1				1	

1

3.6 PRESUPUESTO PARCIAL Nº6: SEGURIDAD Y SALUD**3.6.1. SEGURIDAD Y SALUD**

3.6.1.1 ud Partida alzada de Seguridad y Salud estimada en un 1% sobre el presupuesto de ejecución material.

ud	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
0,01				0,01	

0,01

4. PRESUPUESTO Y MEDICIÓN

4.1 PRESUPUESTO PARCIAL Nº1: OBRA CIVIL

Nº	Descripción	Medición	Precio	Total (Euros)
----	-------------	----------	--------	---------------

4.1.1 MOVIMIENTO GENERAL DE TIERRAS

4.1.1.1 m2	Limpieza y desbroce y del terreno	5.000	0,43	2150,00
4.1.1.2 m3	Excavación. Desmonte de tierras	2.500	0,53	1400,00
4.1.1.3 m3	Sub-base de zahorra natural	2.500	8,61	21525,00
4.1.1.4 m3	m3 Base de zahorra natural	2.500	5,12	12800,00

TOTAL MOVIMIENTO GENERAL DE TIERRAS..... 37.875,00

4.1.2 ESPESADO DE FANGOS

4.1.2.1 m3	Demolición	84,82	114,43	9.705,95
4.1.2.2 m3	Excavación de zanjas	464,00	1,52	705,28
4.1.2.3 m3	Relleno de bolos	185,30	6,31	1.169,24
4.1.2.4 m3	Hormigón de limpieza 10 cm	46,40	2,31	107,18
4.1.2.5 m3	Hormigón estructural	247,20	57,43	14.196,69
4.1.2.6 Kg	Acero corrugado B-500S	12.360,20	0,81	10.011,60
4.1.2.7 Kg	Acero A42b en estructural metálica	12.360,00	0,83	10.258,80
4.1.2.8 m2	Encofrado y desencofrado horizontal	139,20	14,32	1.993,34
4.1.2.9 m2	Encofrado y desencofrado vertical	108,00	14,32	1.546,56
4.1.2.10ud	Carrete pasamuros	1,00	314,90	314,90

TOTAL ESPESADO FANGOS..... 50.009,54

4.1.3 EDIFICIO DE DESHIDRATACIÓN

4.1.3.1 m3	Excavación	100,00	0,81	81,00
4.1.3.2 m3	Relleno de bolos	80,00	6,31	504,80
4.1.3.3 m2	Hormigón de limpieza 10cm	20,00	8,54	170,80
4.1.3.4 m2	Edificación de hormigón armado	200,00	53,52	10.704
4.1.3.5 m3	Acera formada por loseta hidráulica	70,00	16,42	1.149,40

TOTAL EDIFICIO DE DESHIDRATACIÓN..... 12.610,00

4.1.4 DIGESTORES ANAEROBIOS

4.1.4.1 m3	Excavación de zanjas	464,00	1,52	705,28
4.1.4.2 m3	Relleno de bolos	185,30	6,31	1.169,24
4.1.4.3 m3	Hormigón de limpieza 10 cm	46,40	2,31	107,18
4.1.4.4 m3	Hormigón estructural	247,20	57,43	14.196,69

Nº	Descripción	Medición	Precio	Total (Euros)
4.1.4.5 Kg	Acero corrugado B-500S	12.360,00	0,81	10.011,60
4.1.4.6 Kg	Acero A42b en estructural metálica	12.360,00	0,83	10.258,80
4.1.4.7 m2	Encofrado y desencofrado horizontal	139,20	14,32	1.993,34
4.1.4.8 m2	Encofrado y desencofrado vertical	108,00	14,32	1.546,56
TOTAL ESPESAMIENTO DE FANGOS.....				39.988,69

4.2 PRESUPUESTO PARCIAL Nº2: EQUIPAMIENTO

4.2.1 ESPESAMIENTO DE FANGOS

4.2.1.1 ud	Mecanismo espesador de gravedad 2	30.000,00	60.000,00
4.2.1.2 ud	Mecanismo espesador de gravedad 2	20.000,00	40.000,00
4.2.1.3 ud	Mecanismo espesador por flotación 1	30.000,00	30.000,00
TOTAL ESPESAMIENTO DE FANGOS.....			130.000,00

4.2.2 DIGESTIÓN ANAEROBIA

4.2.2.1 ud	Equipo de digestión de lodos	1	140.000,00	140.000,00
4.2.2.2 ud	Intercambiador de calor	1	300.000,00	300.000,00
4.2.2.3 ud	Antorcha para biogás	1	25.000,00	25.000,00
4.2.2.4 ud	Compresor de gas	1	350.000,00	350.000,00
4.2.2.5 ud	Lanzas de gas	41	10.000,00	410.000,00
4.2.2.6 ud	Calderín de presurización	2	160.000,00	320.000,00
4.2.2.7 ud	Gasómetro de doble membrana	1	8.000,00	8.000,00
TOTAL DIGESTIÓN ANAEROBIA.....				1.553.000,00

4.2.3 DESHIDRATACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE FANGOS

4.2.3.1 ud	Decantador centrífugo	1	50.000,00	50.000,00
4.2.3.2 ud	Sinfin elevador	1	5.000,00	5.000,00
4.2.3.3 ud	Equipo de Alumbrado 300 lúmenes	1	91,25	91,25
4.2.3.4 ud	Equipo de Alumbrado 60 lúmenes	1	61,62	61,62
4.2.3.5 ud	Contenedor trapezoidal	1	1.800,00	1.800,00
TOTAL DESHIDRATACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE FANGOS.....				56.952,87

4.3 PRESUPUESTO PARCIAL Nº3: EQUIPAMIENTO COMPLEMENTARIO

Nº	Descripción	Medición	Precio	Total (Euros)
----	-------------	----------	--------	---------------

4.3.1 TALLER

4.3.1.1 m	Formación de estantería	4	45,49	181,96
4.3.1.2 ud	Engrasador tipo pistola	1	28,63	28,63
4.3.1.3 ud	Polímetro	1	76,09	76,09
4.3.1.4 ud	Carretilla de obra	1	97,01	97,01
4.3.1.5 ud	Aceitera de latón	1	16,99	16,99
4.3.1.6 ud	Máquina desbardadora	1	436,37	436,37
4.3.1.7 ud	Caja de herramientas eléctricas	1	347,56	347,56
4.3.1.8 ud	Caja de herramientas mecánicas	1	274,85	274,85
4.3.1.9 ud	Taladro portátil	1	684,69	684,69

TOTAL TALLER.....				2.144,15
-------------------	--	--	--	----------

4.3.2 ELEMENTOS DE SEGURIDAD

4.3.2.1 ud	Botiquín reglamentario	1	137,51	137,51
4.3.2.2 ud	Extintor móvil de CO2	2	92,02	184,04
4.3.2.3 ud	Semimáscara respiratoria gases	3	13,25	39,75
4.3.2.4 ud	Mascarilla Poliprop. Partículas	3	4,57	13,71
4.3.2.5 ud	Armario con puerta	1	155,00	155,00
4.3.2.6 ud	Almohadillas uso casco	3	17,82	53,46
4.3.2.7 ud	Cartel de seguridad	2	14,25	28,50
4.3.2.8 ud	Cartel indicativo de riesgo	2	43,94	87,88

TOTAL ELEMENTOS DE SEGURIDAD.....				699,85
-----------------------------------	--	--	--	--------

4.4 PRESUPUESTO PARCIAL Nº4: CONDUCCIONES Y TUBERÍAS

4.4.1. CONDUCCIONES Y TUBERÍAS

4.4.1.1 ud	Partida de conducciones y tuberías 0,45
------------	---

TOTAL CONDUCCIONES Y TUBERÍAS.....		847.476,04
------------------------------------	--	------------

4.5 PRESUPUESTO PARCIAL Nº5: PUESTA EN MARCHA

Nº	Descripción	Medición	Precio	Total (Euros)
----	-------------	----------	--------	---------------

4.5.1 PUESTA EN MARCHA

4.5.1.1 ud	Explotación y mantenimiento	0,05		
------------	-----------------------------	------	--	--

TOTAL PUESTA EN MARCHA.....				94.164,00
-----------------------------	--	--	--	-----------

4.6 PRESUPUESTO PARCIAL Nº6: SEGURIDAD Y SALUD

4.6.1. SEGURIDAD Y SALUD

4.6.1.1 ud	Partida de Seguridad y Salud	0,01		
------------	------------------------------	------	--	--

TOTAL SEGURIDAD Y SALUD.....				188.328,10
------------------------------	--	--	--	------------

5. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA

1.OBRA CIVIL	
1.1 MOVIMIENTO GENERAL DE TIERRAS.....	37.875,00
1.2 ESPESADO DE FANGOS.....	50.009,54
1.3 EDIFICIO DE DESHIDRATACIÓN.....	12.610,00
1.4. DIGESTORES ANAEROBIOS.....	39.988,69
2.EQUIPAMIENTO	
2.1 ESPESAMIENTO DE FANGOS.....	130.000,00
2.2 DIGESTIÓN ANAEROBIA.....	1.553.000,00
2.3 DESHIDRATACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE FANGOS.....	56.952,87
3.EQUIPAMIENTO COMPLEMENTARIO	
3.1 TALLER.....	2.144,15
3.2 ELEMENTOS DE SEGURIDAD.....	699,85
4.CONDUCCIONES Y TUBERÍAS	
4.1. CONDUCCIONES Y TUBERÍAS.....	847.476,04
5.PUESTA EN MARCHA	
5.1 PUESTA EN MARCHA.....	94.164,00
6.SEGURIDAD Y SALUD	
6.1. SEGURIDAD Y SALUD.....	188.328,10
Presupuesto de ejecución material	3.013.248,24
13% Gastos generales	391.722,27
6% Beneficio Industrial	180.794,89
Suma	3.585.765,40
21%IVA	753.010,73
	4.338.776,14

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de CUATRO MILLONES TRESCIENTOS TREINTA Y OCHO MIL SETECIENTOS SETENTA Y SEIS EUROS CON CARTOCE CENTIMOS.

Puerto Real, Julio 2014

Fdo: Inmaculada Domínguez Tamayo

DOCUMENTO 4:

PLANOS

ÍNDICE

PLANO 1. Situación

PLANO 2. EDAR “El Torno”

PLANO 3. Nueva línea de lodos “El Torno”

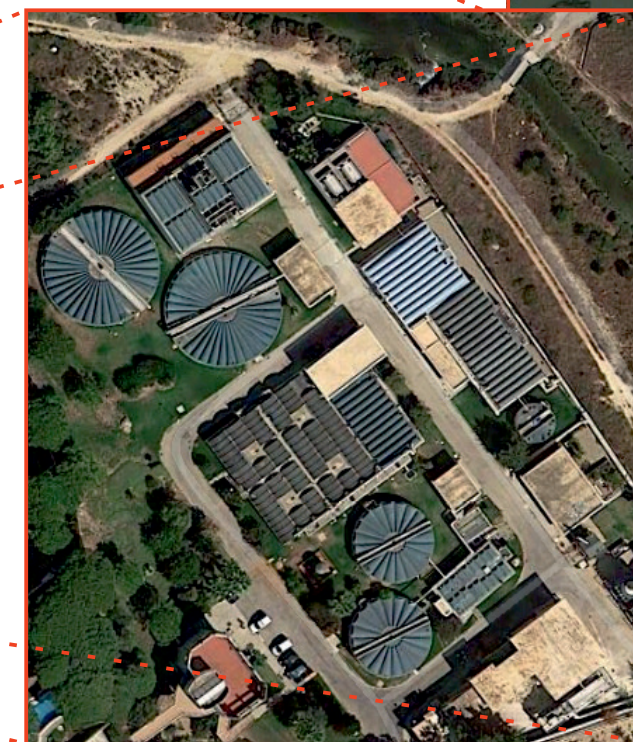
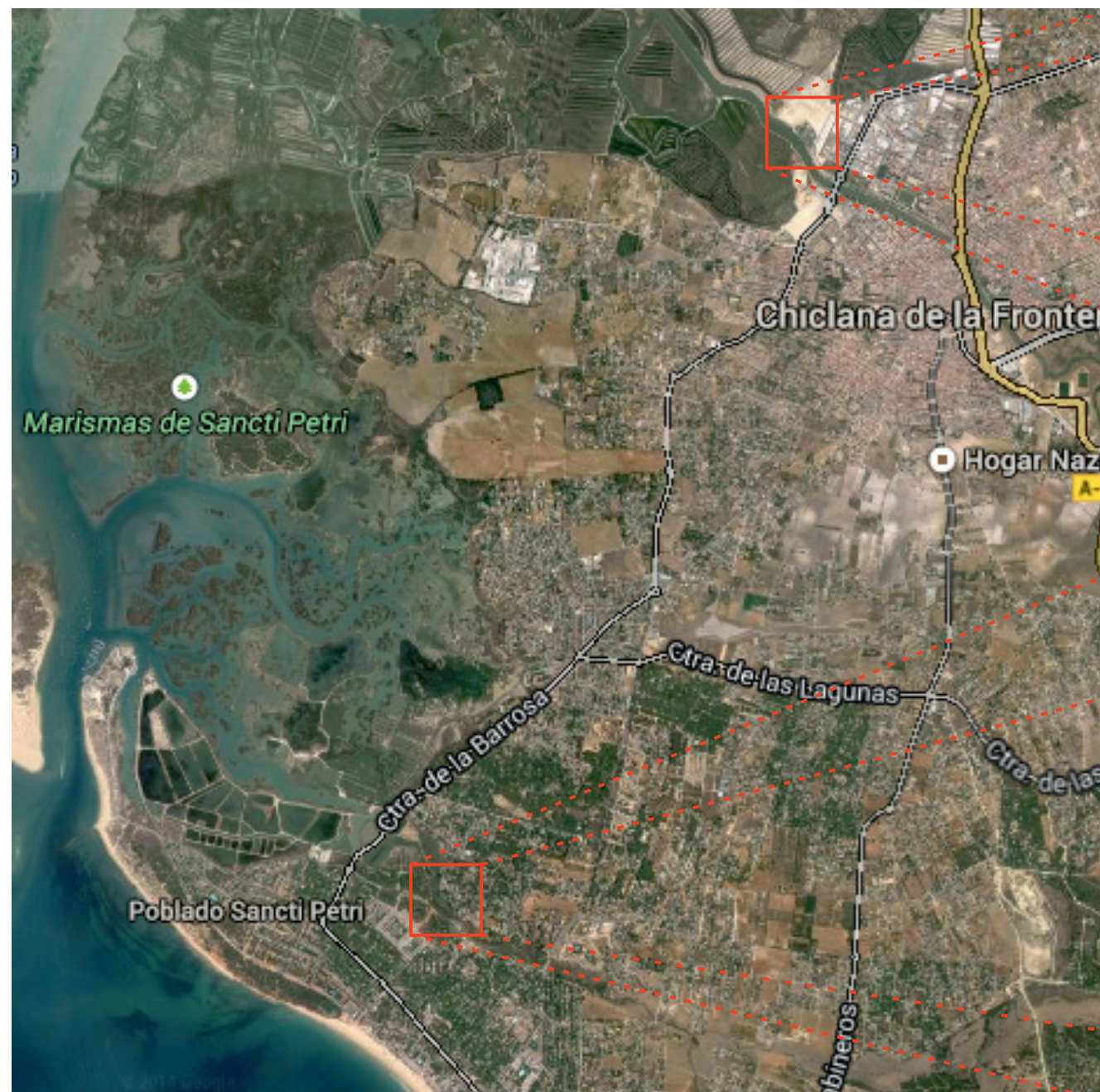
PLANO 4. EDAR “La Barrosa”

PLANO 5. Espesador por gravedad “La Barrosa”

PLANO 6. Espesador por flotación “El Torno”

PLANO 7. Espesador por gravedad “El Torno”

PLANO 8. Digestor anaerobio



SELECCIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DE LA NUEVA LÍNEA DE TRATAMIENTO DE LODOS DE LAS EDARS DE CHICLANA DE LA FRONTERA

AUTOR

INMACULADA DOMÍNGUEZ TAMAYO

PLANO Nº 1 / 8

ESCALA S.E

SITUACIÓN

FECHA JULIO 2014

PROPUESTA\ INICIA
SUP:\ 5930\

LEYENDA DELIMITACION DE COSTAS
—○— LIMITE\ SERVIDUMBRE\ TRANSI
—□— LIMITE\ SERVIDUMBRE\ PROTECCI
— LIMITE\ ZONA\ MARITIMO\ TERRES

AMPLIACION DEPURADORA
ZONA\ DESTINADA\ PARA\ AMPLIAC

Red	Existente	Supuesta	Proyectada	Simbologia		
Pluviales	—	—	—	Pozo\ y\ nume	Bomba	FC
Abastecimiento	—	—	—	Valvula\ y\ nume	Arqueta	P\ P
Fecales	—	—	—	—	Boca\ de\ rie	PE
Impulsion	—	—	—	Acometida\ saneamient	Entrega	HM
Riego	—	—	—	Imbornal	Hidrate	HA
						FD

SELECCIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DE LA NUEVA LÍNEA DE TRATAMIENTO DE LODOS DE LAS
EDARS DE CHICLANA DE LA FRONTERA

AUTOR
INMACULADA DOMÍNGUEZ TAMAYO

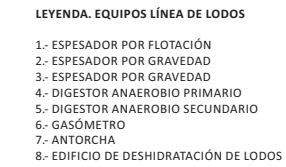
PLANO Nº 2 / 8

ESCALA 1:1000


EDAR “EL TORNO”

FECHA JULIO 2014

PROPUESTA\ INICIA
SUP:\ 5930\



AMPLIACION DEPURADORA

 ZONA\ DESTINADA\ PARA\ AMPLIAC

[illegible]

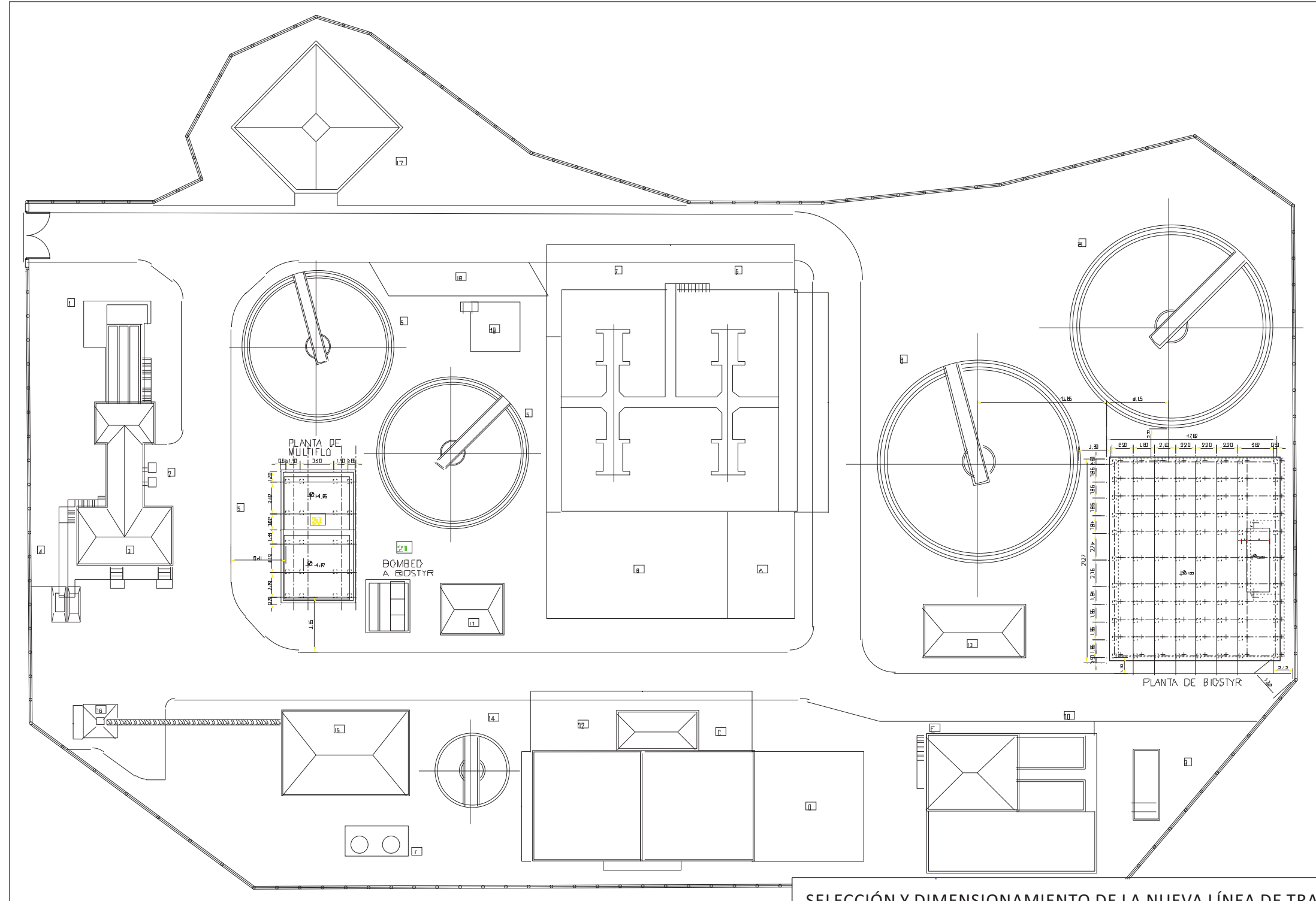
AUTOR	PLANO Nº 3 / 8
-------	----------------

INMACULADA DOMÍNGUEZ TAMAYO

NUEVA LÍNEA DE LODOS “EL TORNO”

ESCALA	S.E
--------	-----

FECHA	JULIO 2014
-------	------------



SELECCIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DE LA NUEVA LÍNEA DE TRATAMIENTO DE LODOS DE LAS EDARS DE CHICLANA DE LA FRONTERA

AUTOR

INMACULADA DOMÍNGUEZ TAMAYO

EDAR “LA BARROSA”

PLANO N°

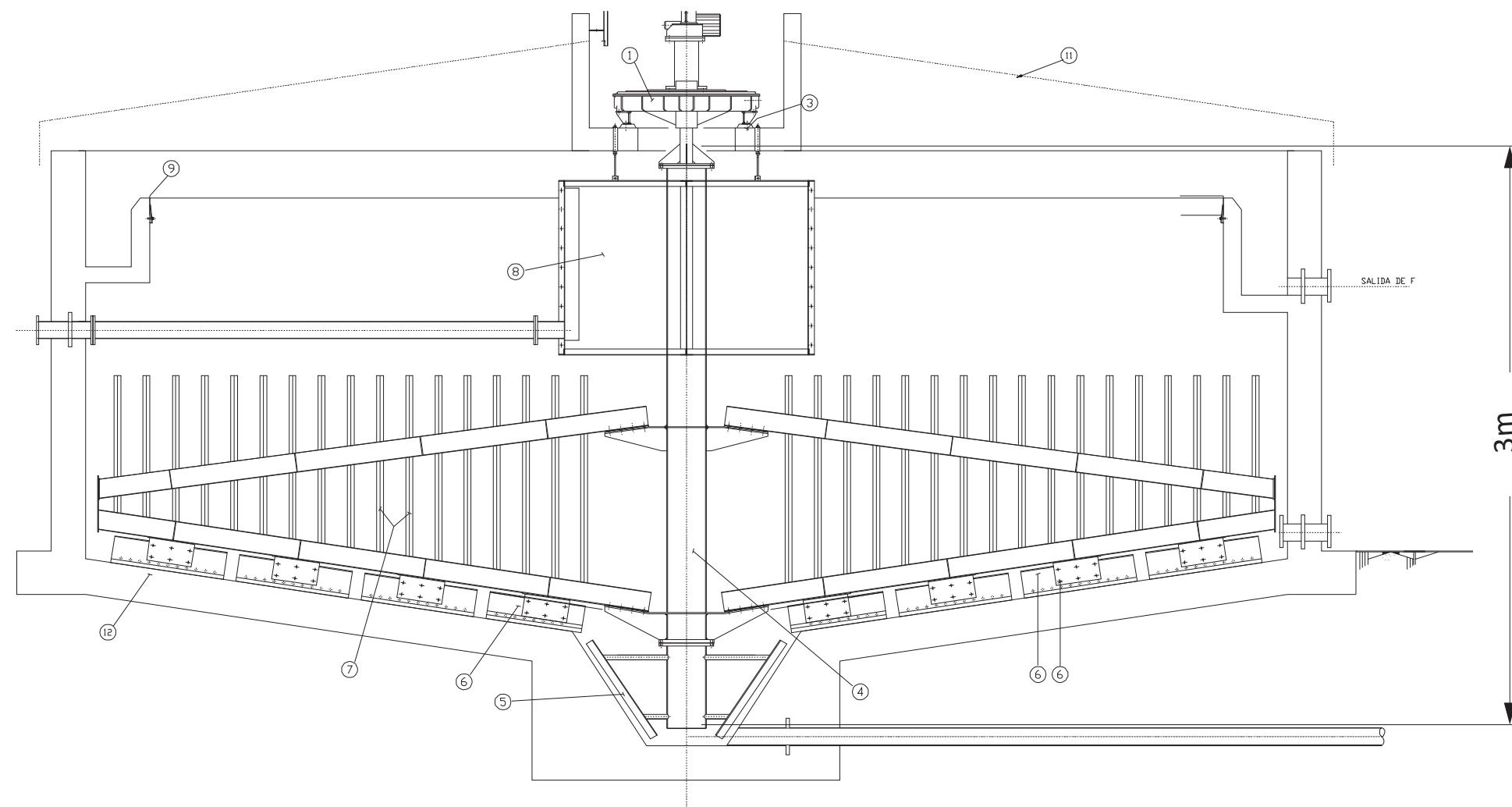
4 / 8

ESCALA

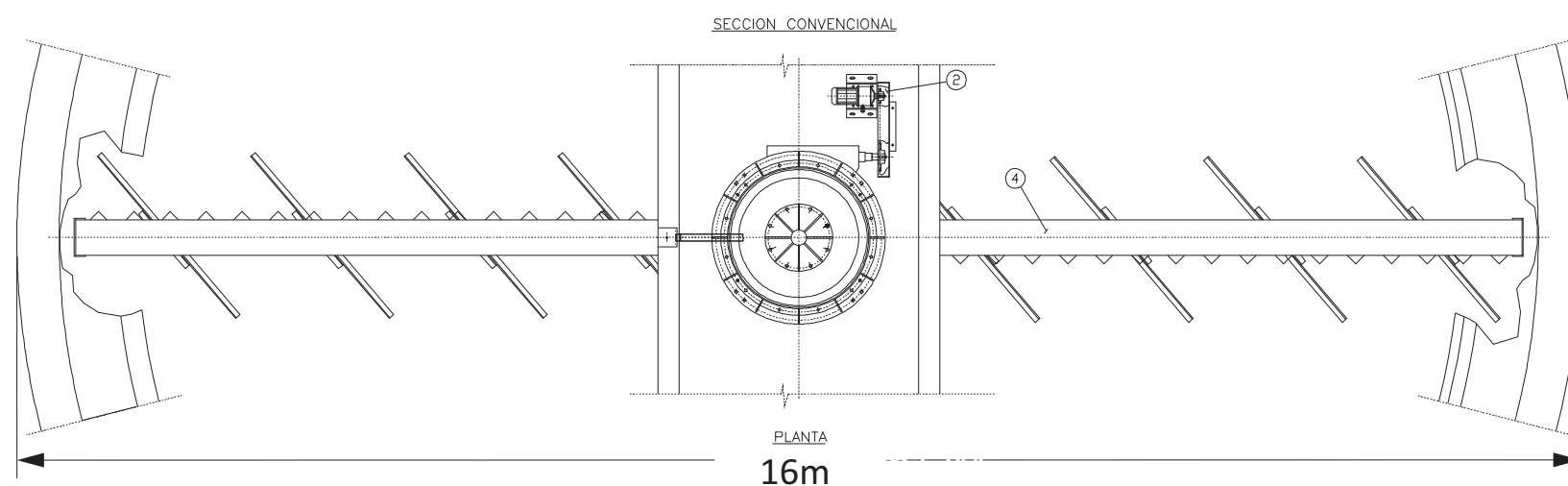
S/E

FECHA

JULIO 2014

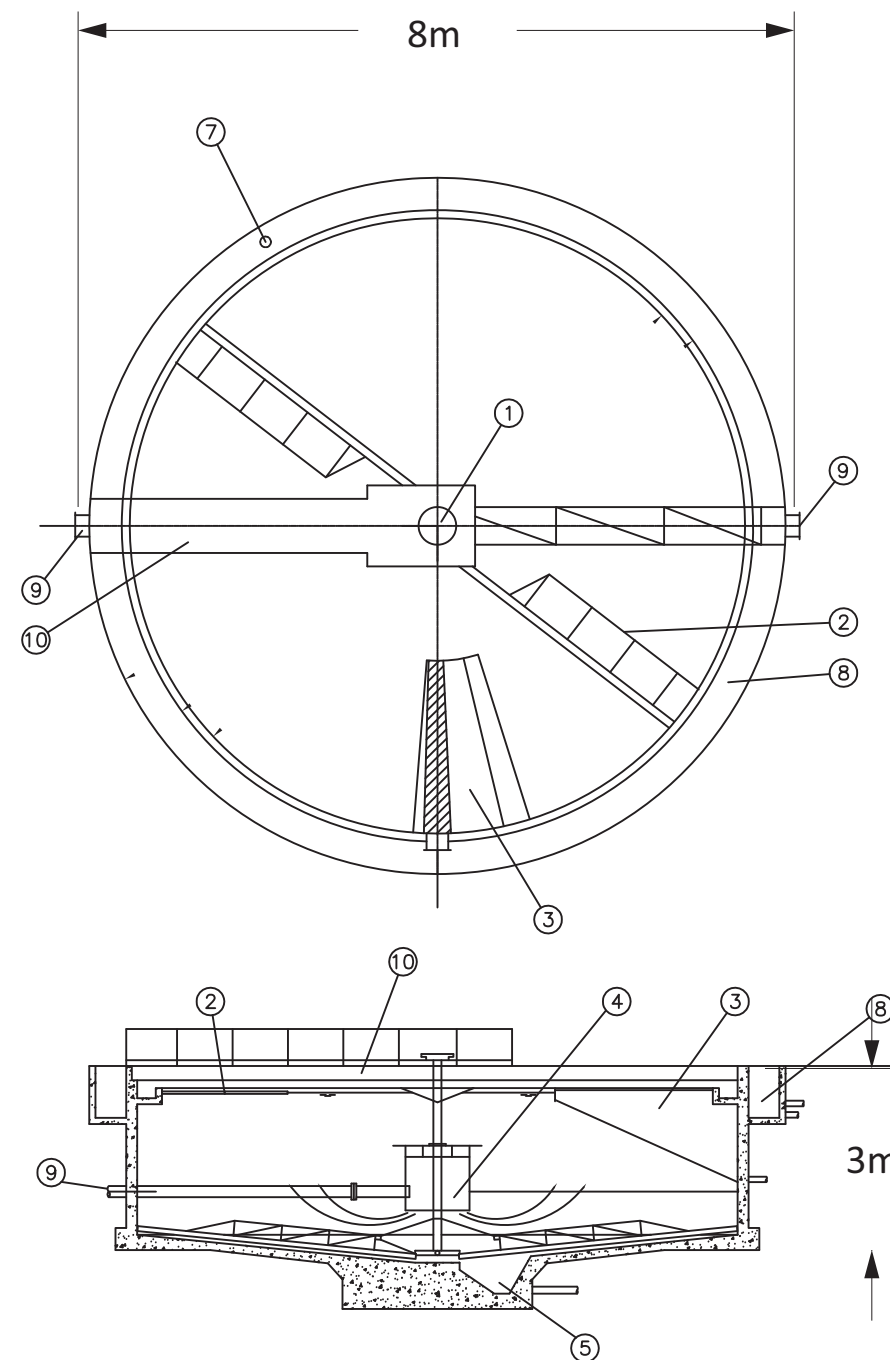


- Denominación
- 1.-Cabeza de arrastre con elevación
 - 2.-Cadena de piñones y sop.trans.elec.
 - 3.-Anclaje cabeza de arrastre
 - 4.-Tubo de arrastre. Rasquetas de fondo
 - 5.-Rasqueta fosa de fangos
 - 6.-Rasquetas barredoras de fangos
 - 7.-Barras de espesamiento
 - 8.-Campana deflectora
 - 9.-Vertedero
 - 10.-Escalera de acceso
 - 11.-Cubierta
 - 12.-Formas de obra civil



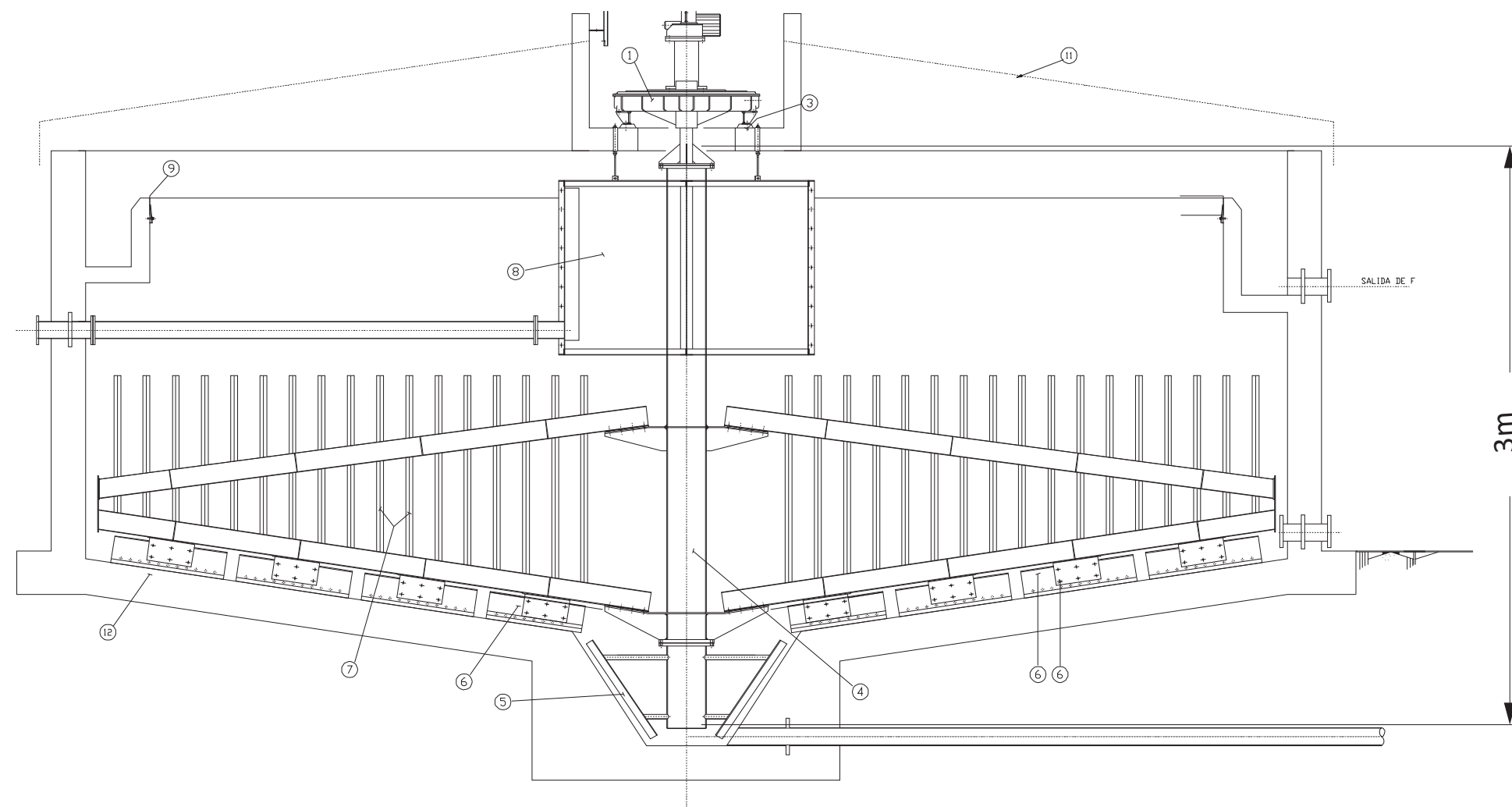
SELECCIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DE LA NUEVA LÍNEA DE TRATAMIENTO DE LODOS DE LAS EDARS DE CHICLANA DE LA FRONTERA

AUTOR INMACULADA DOMÍNGUEZ TAMAYO	PLANO N°	5 / 8
	ESCALA	S.E
ESPESADOR POR GRAVEDAD "LA BARROSA"	FECHA	JULIO 2014

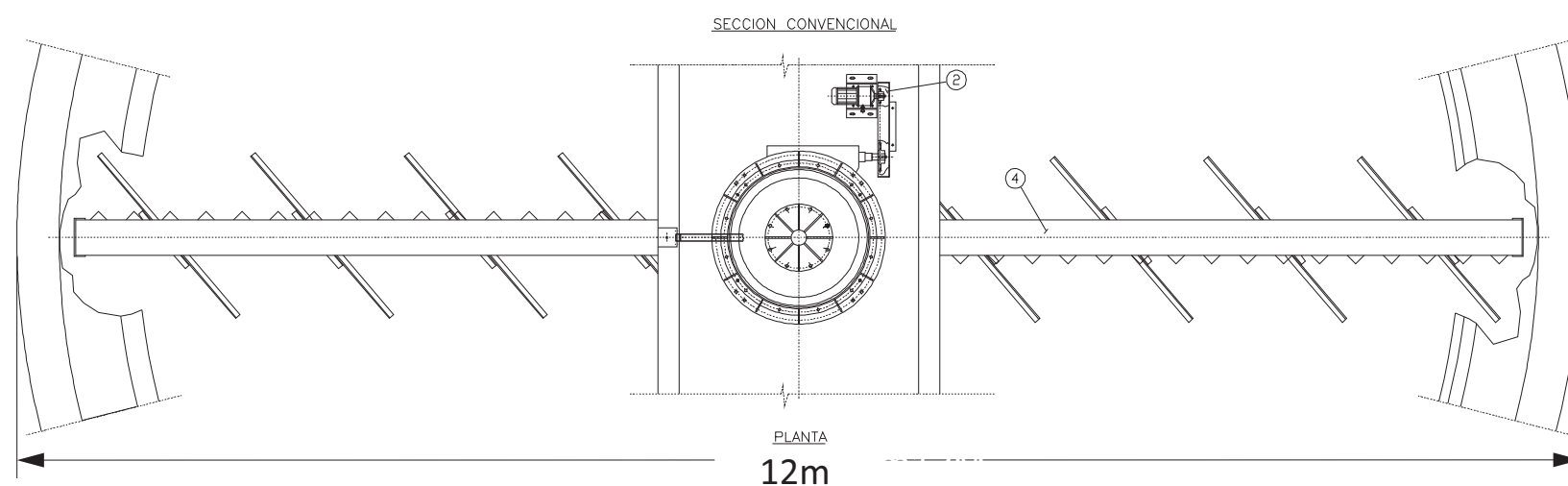


- DEFINICIÓN
- 1.-MOTOR DE ACCIONAMIENTO
 - 2.-PALAS RECOGEDORAS
 - 3.-CAJÓN DE ESPUMA
 - 4.-CILINDRO DIFUSOR
 - 5.-POCETA DE FANGOS
 - 6.-SALIDA EFLUENTE
 - 7.-TOMA DE RECIRCULACIÓN
 - 8.-CANAL DE CLARIFICADO
 - 9.-ENTRADA DE AGUA
 - 10.-PASARELA DE ACCESO

SELECCIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DE LA NUEVA LÍNEA DE TRATAMIENTO DE LODOS DE LAS EDARS DE CHICLANA DE LA FRONTERA	
AUTOR INMACULADA DOMÍNGUEZ TAMAYO	PLANO N° 6 / 8
	ESCALA SE
ESPESADOR POR FLOTACIÓN “EL TORNO”	FECHA JULIO 2014

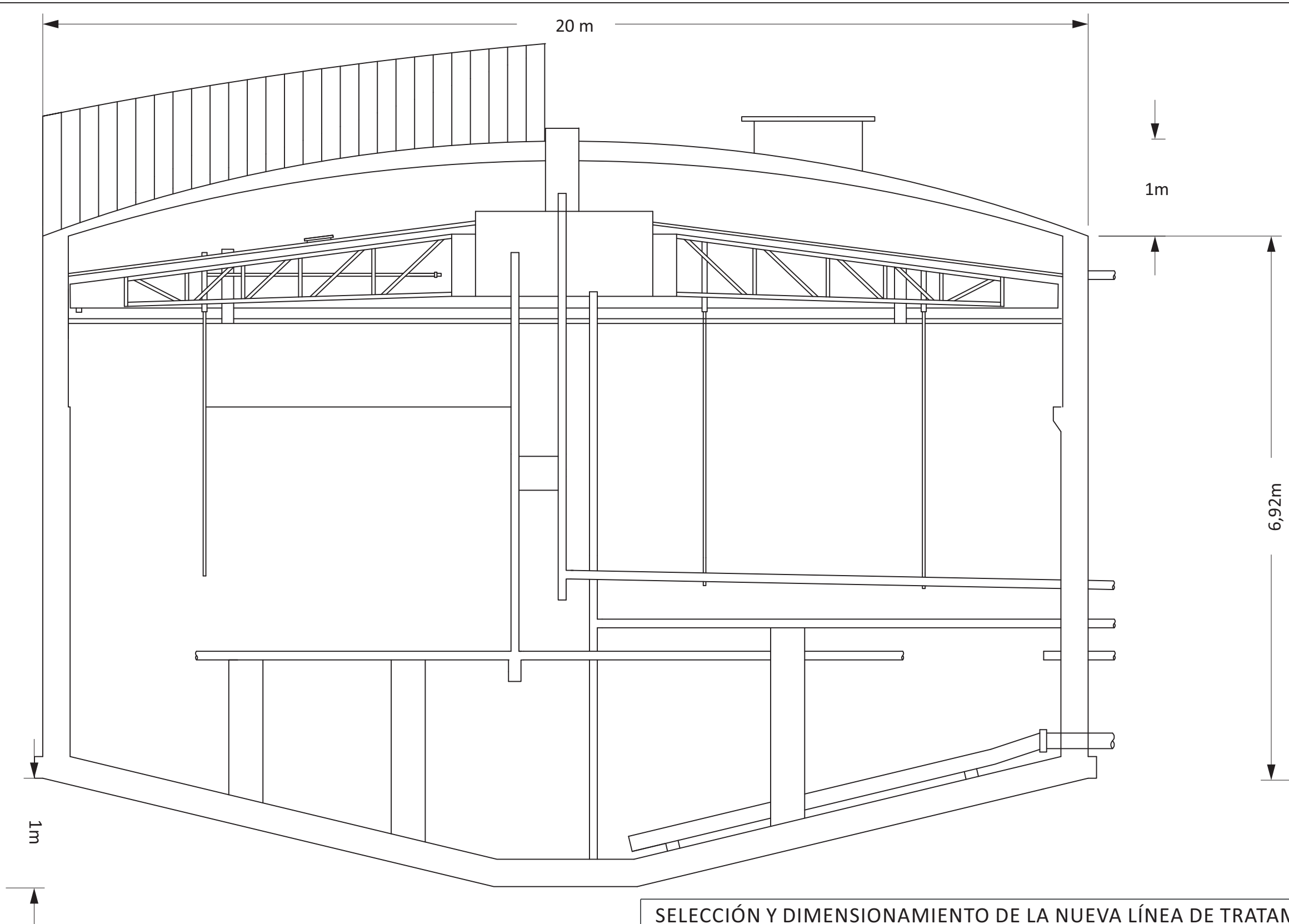


- Denominación
- 1.-Cabeza de arrastre con elevación
 - 2.-Cadena de piñones y sop.trans.elec.
 - 3.-Anclaje cabeza de arrastre
 - 4.-Tubo de arrastre. Rasquetas de fondo
 - 5.-Rasqueta fosa de fangos
 - 6.-Rasquetas barredoras de fangos
 - 7.-Barras de espesamiento
 - 8.-Campana deflectora
 - 9.-Vertedero
 - 10.-Escalera de acceso
 - 11.-Cubierta
 - 12.-Formas de obra civil



SELECCIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DE LA NUEVA LÍNEA DE TRATAMIENTO DE LODOS DE LAS EDARS DE CHICLANA DE LA FRONTERA

AUTOR INMACULADA DOMÍNGUEZ TAMAYO	PLANO N°	7 / 8
	ESCALA	S.E
ESPESADOR POR GRAVEDAD "EL TORNO"	FECHA	JULIO 2014



SELECCIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DE LA NUEVA LÍNEA DE TRATAMIENTO DE LODOS DE LAS EDARS DE CHICLANA DE LA FRONTERA		
AUTOR INMACULADA DOMÍNGUEZ TAMAYO	PLANO Nº	8 / 8
	ESCALA	SE
DIGESTOR ANAEROBIO	FECHA	JULIO 2014

